

PROYECTOS DE INVERSIÓN

Formulación y Evaluación

SEGUNDA EDICIÓN

NASSIR SAPAG CHAIN

PEARSON

Proyectos de inversión
Formulación y evaluación

Segunda edición

Proyectos de inversión
Formulación y evaluación

Segunda edición

Nassir Sapag Chain
Ingeniero comercial
Contador auditor
Magíster en Administración
Director Centro de Desarrollo del Emprendimiento
Universidad San Sebastián

Prentice Hall

Chile • Argentina • Bolivia • Brasil • Colombia • Costa Rica • España
Guatemala • México • Perú • Puerto Rico • Uruguay • Venezuela

Datos de catalogación bibliográfica

Nassir Sapag Chain
Proyectos de inversión. Formulación y evaluación 2ª edición
Pearson Educación, Chile, 2011

ISBN: 978-956-343-107-0
Área: Administración y Finanzas

Formato: 21 x 27 cm Páginas: 544

Gerente editorial: María Clara Andrade

Coordinación editorial: Carla Soto
carla.soto@pearsoned.cl

Editora: Inés Fernández Maluf

Corrección de textos: Inés Fernández Maluf

Diseño y diagramación: Francisca Urzúa

Diseño de portada: BOOKESTUDIO

SEGUNDA EDICIÓN, 2011

ISBN VERSIÓN IMPRESA: 978-956-343-107-0
ISBN E-BOOK: 978-956-343-106-3
Impreso en Chile / *Printed in Chile*

Prentice Hall
es una marca de



A la memoria
de mi hermano Manir
y de mis padres,
don Chucre y doña Amelia.
A mi familia:
mi esposa Cristina,
mis hijos Andrea (con Rodrigo) y Álvaro (con Solange),
mis nietos Sofía e Ignacio,
y mis hermanos Minerva, Fernando y Reinaldo.

Índice de contenidos

Acerca del autor

NASSIR SAPAG CHAIN (1950) es ingeniero comercial y contador auditor de la Universidad de Chile, y magíster en Administración de la Escuela de Administración de Negocios para Graduados (ESAN), en Perú. Actualmente, es profesor titular y director del Centro de Desarrollo del Emprendimiento de la Facultad de Economía y Negocios de la Universidad San Sebastián, en Chile.

En la Universidad de Chile, donde también alcanzó la categoría de profesor titular, ocupó los cargos de decano y prorrector. Como consultor internacional, ha trabajado para el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la Organización de los Estados Americanos (OEA), el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), la Inter-American Foundation (IAF), el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), e instituciones públicas y privadas en prácticamente todos los países hispanoamericanos.

Entre otros cargos, ha sido presidente del directorio de REUNA S.A. y de Necul-Hual S.A., miembro del directorio de Editorial Universitaria, de la Empresa Portuaria San Antonio (EPSA), de Refax Chile, del Estadio Palestino y de la Fundación Hospital Clínico Universidad de Chile. Fue, durante dos periodos, director ejecutivo del Consejo Latinoamericano de Escuelas de Administración (CLADEA), organismo que agrupa a las más importantes escuelas de administración de América y Europa.

Anualmente, participa como profesor visitante de los cursos de posgrado de la ADEN Business School, la ESAN, la Universidad Nacional de Córdoba (UNC), la Universidad Nacional de Rosario (UNR), la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) y el Centro de Estudios Monetarios Latinoamericanos (CEMLA), en Argentina, Bolivia, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Guatemala, Honduras, Panamá, Perú, Puerto Rico, República Dominicana y San Salvador. Dicta más de 30 conferencias internacionales por año.

Sus libros, publicados por prestigiosas editoriales de todo el mundo, son bibliografía obligatoria en la casi totalidad de los programas de estudio en las universidades de habla hispana, y es uno de los académicos más citados en la bibliografía especializada.

Prólogo

La nueva edición de este texto es el resultado de un trabajo basado en una acuciosa, crítica y objetiva revisión de aquel publicado en 2007, y en las opiniones de profesores y de mis alumnos de pre y posgrado en prácticamente todos los países hispanoamericanos. Igual que cada vez que termino de escribir un libro, pienso que este es el último que haré; me atreví a plantear muchas ideas nuevas, que pueden o no ser compartidas por otros, a eliminar lo que consideré una “teoría intrascendente que deja a todos indiferentes”, a reescribir varias cosas que no estaban suficientemente claras e, incluso, a eliminar aquel material que no fue adoptado por la mayoría de los profesores que enseñan esta materia. La intención tras todo esto no fue otra que la de hacer más “rentable” el libro, en el sentido de valor por ser útil, más que por retornos económicos. Ello justifica por qué se excluyó cualquier exceso en el desarrollo teórico y se agregó una explicación de cómo aprovechar los facilitadores que muchos *software* ofrecen, tanto para mejorar la calidad de la información que entrega la evaluación de un proyecto como para simplificar el trabajo de quien la hace.

Entre otras cosas, me permití modificar la clásica estructura que divide el estudio de proyectos entre **preparación y evaluación** o entre **formulación y evaluación**. Redefino el proceso de estudio de proyectos en tres etapas: la **formulación**, aquella que considero la más importante, donde se configure de manera óptima el proyecto y se determinen y cuantifiquen todos los costos y beneficios esperados; la **preparación**, donde estimo se comete la mayor cantidad de errores y que ordena la información generada por la etapa anterior en diversos flujos de caja que miden rentabilidades distintas, que presentan características diferentes dependiendo de la forma de cálculo del costo de capital que se usará, y que además tienen opciones metodológicas que deben conducir a un mismo resultado si están bien aplicadas y que difieren entre proyectos de inversión y de desinversión; y la **evaluación**, quizá la más fácil, donde al medirse la rentabilidad de uno solo de tantos escenarios posibles, debe necesariamente complementarse con los análisis de cuantificación del riesgo y de identificación de las variables críticas y opciones, para mitigar los riesgos o para enfrentar la incertidumbre de las variables cuyo comportamiento no sea medible probabilísticamente.

Por otra parte, me atreví a cuestionar ciertas prácticas comunes observadas en el trabajo de algunos profesionales, y también ciertas metodologías propuestas por algunos autores que escriben sobre la materia. En todos los casos, intenté ser objetivo, demostrando los errores o limitaciones de lo que se usa o plantea, y proponiendo una forma opcional que, creo, mejora la calidad del trabajo que hacemos.

No podría, en este breve espacio, resumir todos los cambios que se realizaron a esta nueva edición. Por ello, solo destaco los que considero más relevantes para quienes utilizaron la anterior:

- Se modificó la estructura tradicional de las etapas del proyecto, para sistematizar el proceso de análisis de una inversión.
- Se eliminó toda la teoría económica que no tiene aplicación directa en el estudio del proyecto y se agregó otra que sí está vinculada, aunque siempre privilegiando el desarrollo práctico más que el teórico a través de la adición de numerosos ejemplos.
- Se agregó un capítulo (Capítulo 2) para incluir una completa descripción de cómo realizar la investigación de mercados, que es solo una de las herramientas para el estudio del mercado.
- Se transformó el apartado de técnicas cuantitativas para realizar pronósticos en un capítulo completo e independiente (Capítulo 3), con muchas aplicaciones de los facilitadores del Excel.
- Se incluyó un modelo de valoración de variables cualitativas.
- Se agregó también una propuesta de cómo incluir las economías y las deseconomías de escala con comportamientos no lineales.
- Se proporciona una mejor explicación del tratamiento del impuesto al valor agregado, y de cuándo y cómo debe incluirse en un flujo de caja.
- Se explica la inconsistencia observada en proyectos reales y textos de estudio, entre el procedimiento de cálculo del valor del proyecto al final de su horizonte de evaluación y la inclusión de la valorización del capital de trabajo (mal llamada **recuperación del capital de trabajo**) y de la inversión de reposición de activos al finalizar el periodo de evaluación, y se propone la forma correcta de incorporarlos.
- Se agrega una explicación detallada de todos los flujos de caja existentes: el flujo para medir la rentabilidad del negocio, la rentabilidad de los recursos propios y la capacidad de cumplimiento del pago de deudas; el flujo de creación de una nueva empresa y las opciones para construir los flujos de proyectos en empresas en marcha; y, por último, los flujos de proyectos de inversión y de desinversión.
- Se presenta de manera "amigable", simple y efectiva el estudio de las matemáticas financieras, para hacerlas accesibles a cualquier persona que no sea del área o esté comenzando a estudiarlas.
- Se actualizó el capítulo de cuantificación de los riesgos del proyecto (Capítulo 10), al incluir una completa y detallada guía de cómo usar el Risk Simulator (2010-versión c).

- El capítulo de costo de capital (Capítulo 11) se reformuló totalmente para simplificar el estudio, la comprensión y el cálculo de la tasa de descuento que debe aplicarse tanto al flujo para medir la rentabilidad del proyecto como a las tres tasas opcionales que miden la rentabilidad de un proyecto financiado con deuda, y para indicar la forma correcta en que deben aplicarse a las tres posibilidades de construcción del flujo de caja financiado para alcanzar un mismo resultado.
- Se describen diversos modelos de uso frecuente (**IVAN**, **rentabilidad inmediata**, **factores de escala**, etc.); se explica cómo se usan y cuáles son los resultados que generan, se demuestran sus debilidades y se propone un procedimiento alternativo correcto para obtener resultados válidos.
- Se agrega una gran cantidad de nuevos ejemplos para facilitar la comprensión de los conceptos y modelos, y se amplía el Capítulo 14 de cinco a 16 casos resueltos, incluyendo uno que integra todas las materias.
- Cada capítulo pretende colaborar a que el lector no solo “sepa más”, sino que “sepa hacer más”. Para ello, además de explicar los conceptos y la manera de aplicar las técnicas, se trató de formar un criterio de selección de la herramienta adecuada para superar las diversas dificultades que se enfrentan al estudiar un proyecto, para interpretar los resultados obtenidos y para aplicar aquellos que sean realmente pertinentes.

Muchas personas me ayudaron para terminar esta tarea. Varios “competidores”, todos excelentes profesores, amigos y autores de publicaciones vinculadas al tema, me apoyaron. Algunos revisando uno o más capítulos, otros enviándome sus artículos más recientes o señalándome sus puntos de vista, especialmente en lo que se refiere a mis nuevas propuestas, y aportando sus críticas siempre constructivas y valiosas, basadas en sus experiencias en el aula: Arlette Beltrán (Universidad del Pacífico, Perú), Silvia de Salvo (Universidad de la República, Uruguay), Juan Francisco Esquembre (ADEN Business School, España), Pablo Fernández (University of Navarra/IESE Business School, España), Gerardo Heckmann (Universidad Nacional de Córdoba, Argentina), Pablo Lledó (MasConsulting, Argentina), Carola Mattheos (Universidad San Sebastián, Chile), Brayan Rojas (Software Shop, Latinoamérica), Fernando Romero (FDE-CORPEI, Ecuador), Cristina Sica (Universidad de la República, Uruguay), Adrián Tarallo (Universidad Nacional de Rosario, Argentina), Ignacio Vélez-Pareja (Universidad Tecnológica de Bolívar, Colombia) y René Williams (Universidad San Sebastián, Chile).

Un reconocimiento especial para la editorial Pearson. Su presidente para España y Portugal, Juan Carlos Cavín, el gerente general, Eduardo Guzmán, y la gerente editorial, María Clara Andrade, quienes creyeron en este proyecto y lo empujaron desde el primer día (¿o antes?), fueron sin duda parte importante de este libro. El profesionalismo, el compromiso y la calidad del trabajo de Inés Fernández Maluf en la edición y en la corrección del texto, (lo mejor que he visto en mis más de 20 libros que he publicado

desde el año 1983), y de Francisca Urzúa en el diseño de interiores, me obligan a reconocer el valor de un trabajo tan bien hecho. De una manera particular, sin embargo, debo destacar el invalorable apoyo de la editora responsable de esta publicación, Carla Soto, y de Magdalena Browne, quien la sustituyó tan dedicada y eficientemente en su ausencia. Gracias, Carla, por tantas y tantas horas de intenso y productivo trabajo, por tu apoyo permanente y oportuno, incluso con esos pequeños grandes detalles que marcan la diferencia entre hacer y hacer bien las cosas, y por tu implacable preocupación por la excelencia tanto en los contenidos como en la forma. Ver la calidad del trabajo en equipo de este grupo me hace sentir orgulloso de poder publicar en Pearson.

Como siempre, la familia es quien más méritos merece por este trabajo. El apoyo permanente, el tiempo que dejamos de compartir y el cariño que me dieron mi esposa Cristina, mis hijos Andrea y Álvaro, mi yerno Rodrigo y mi nuera Solange, y mis nietos Sofía e Ignacio (por ahora), me estimularon para terminar este libro como una forma pequeñísima de corresponderles por todo lo entregado. Los quiero.

Anhelo que los profundos cambios incorporados a esta edición me ayuden a cumplir con la misión de transferir el conocimiento (creado, adoptado o adaptado) de una materia que ha logrado transformarse en una disciplina.

Capítulo 1

Conceptos introductorios

Los criterios, técnicas y metodologías para formular, preparar y evaluar proyectos de creación de nuevas empresas se formalizaron por primera vez en 1958, en el libro *Manual de proyectos de desarrollo económico*[1]. Si bien en este medio siglo se han producido enormes cambios en la forma de estudiar los proyectos de inversión, el procedimiento general sigue centrándose en la recopilación, creación y sistematización de información que permita identificar ideas de negocios y medir cuantitativamente los costos y beneficios de un eventual emprendimiento comercial.

Además de los grandes avances observados en el desarrollo de modelos y técnicas de predicción y análisis, en la manera de sistematizar la información para que satisfaga los requerimientos de todos los agentes económicos que participan de la decisión y en los modelos complementarios de simulación y riesgo, se ha logrado introducir la preparación y la evaluación de proyectos en casi todos los sectores de actividad: la salud, la iglesia, la educación, la defensa nacional, la diversión, y en todos aquellos que han comprendido la importancia de asignar correctamente los recursos, generalmente escasos, de que se dispone. Tan importante como tener recursos para hacer cosas es poder asignarlos racionalmente.

1 Organización de las Naciones Unidas (ONU), *Manual de proyectos de desarrollo económico* (Publicación 5.58.11.G.5), México, 1958.

En este libro, se aborda la forma sistemática de estudiar proyectos, ya sea de creación de nuevas empresas o de mejoramiento dentro de ellas. Su fin último es evitar el mal uso de los recursos o, lo que es lo mismo, ayudar a asignarlos eficientemente.

Un problema común en la evaluación de un proyecto es que las prioridades difieren a veces entre los inversionistas, los ejecutivos y el evaluador. Es lo que nos distingue como seres humanos: ser diferentes por nuestro nivel de expectativas, grados de aversión al riesgo o información que manejamos. El evaluador de proyectos debe estar preparado para reconocer que existen diferentes tipos de emprendedores y que su responsabilidad es la de servirlos, aunque sus prioridades no coincidan con las de él.

Muchas veces, son las actitudes las que marcarán las prioridades. Hay emprendedores con actitudes de ser pioneros, de crear e invertir en innovar. A algunos les motiva por sobre todo ser reconocidos como pioneros, mientras que otros prefieren lucrar con la innovación.

También existen los emprendedores que no asocian su rol con el de innovar y que aceptan que ser seguidor puede ser una estrategia válida. No temen copiar ideas exitosas y sistemáticamente están analizando qué cosa nueva hace su referente. Aunque tienden a copiar, muchas veces logran superarse a tal nivel, que asumen ellos el rol de líder.

Otro tipo de emprendedor es el hacedor, quien se hace asesorar pero actúa prioritariamente por intuición. Más que la rentabilidad sobre una inversión, valora el negocio que le demandará involucrarse en la acción.

La tipología de emprendedores es mucho más larga. Sin embargo, con estos tres simples casos se concluye que cualquiera que sea la prioridad que el emprendedor se dé para aceptar o rechazar una inversión, será válida, que es una decisión de carácter personal y que el evaluador debe proveer información como un insumo más para apoyarlo en tomar una decisión.

En cualquier tipo de empresa, la gestión financiera de los directivos se caracteriza por la búsqueda permanente de mecanismos que posibiliten la creación y el mantenimiento de valor, mediante la asignación y el uso eficiente de los recursos. La evaluación de proyectos, en este contexto, se debe entender como un modelo que facilita la comprensión del comportamiento simplificado de la realidad, por lo que los resultados obtenidos, aunque son útiles en el proceso decisional, no son exactos.

El estudio de proyectos, tomado como un proceso de generación de información que sirva de apoyo a la actividad gerencial, ha alcanzado un posicionamiento indiscutible entre los instrumentos más empleados en la difícil tarea de enfrentar la toma de decisiones de inversión, tanto para crear nuevas empresas como para modificar una situación existente en una empresa en marcha, ya sea mediante el *outsourcing* o externalización de actividades que realiza internamente, la ampliación de sus niveles de operación o el reemplazo de su tecnología, entre otros tipos de proyectos.

A diferencia de los estudios de proyectos de creación de nuevos negocios, las evaluaciones de proyectos que involucran modificar una situación existente, como las inversiones que las empresas realizan para su modernización, requieren consideraciones muy particulares y procedimientos de trabajo específicos y diferentes. Entre otras cosas, esto se debe a que, en el caso de estudiar un posible cambio de una situación vigente, la evaluación debe comparar el beneficio neto[2] entre la situación base (o actual), la situación actual optimizada y la situación con proyecto. En otras palabras, se analiza la variación en la creación de valor futuro que tendría optar por una inversión (o desinversión) en relación con el valor que se podría esperar si se mantiene la situación actual. Una opción que siempre se debe considerar al tomar una decisión es la de mantener las condiciones de funcionalidad vigentes.

Mientras que, en la evaluación de un proyecto nuevo, todos los costos y beneficios deben ser considerados en el análisis, en la evaluación de proyectos de modernización deben incluirse solo aquellos que son relevantes para la comparación. Un costo o beneficio es relevante si es pertinente para una decisión. Si, por ejemplo, se está evaluando la conveniencia de reemplazar una motoniveladora, no interesa el costo en que incurre la empresa en su sistema de comunicaciones, ya que, con o sin proyecto de cambio, este costo seguirá siendo el mismo. Es decir, la cuantía del gasto en comunicaciones es un costo irrelevante para tomar la decisión de reemplazar una motoniveladora, como sería irrelevante el sueldo de un chofer para determinar la conveniencia de sustituir una ambulancia o el monto del seguro contra incendio de un edificio si se evalúa pintar o empapelar sus oficinas.

El único costo que no debe ser considerado en la evaluación de un proyecto de creación de un nuevo negocio es el del estudio de viabilidad, por cuanto, aunque al momento de presentar el proyecto no esté pagado, es un costo que, haciéndose o no la inversión, igualmente se deberá asumir. Por este motivo, se considera irrelevante para la decisión.

Este elemento, que se repetirá innumerables veces en este texto, creará una de las mayores dificultades a aquellos lectores que tengan conceptualizada una estructura de análisis de tipo contable, que tiene una forma de considerar los costos y beneficios que difiere de la del evaluador de proyectos.

Algunas de las particularidades que justifican un análisis especial para el estudio de este tipo de proyectos son dificultades tales como el impacto de una modernización sobre el nivel de inversión que financia los requerimientos de recursos por el desfase entre la ocurrencia de los egresos primero y la recaudación posterior de los ingresos, que corresponde a la inversión en capital de trabajo de la empresa; la forma de cálculo del valor remanente de la inversión al término de su periodo de evaluación o valor de desecho del proyecto, así como de la posibilidad de reemplazar un equipo existente en la empresa o adquirir uno nuevo; la forma de incluir el impuesto al valor agregado

2 El beneficio neto representa la diferencia entre los costos (de funcionamiento e inversiones) de un proyecto y los beneficios esperados.

en los flujos de ingresos y egresos de caja; la determinación de los costos y beneficios incrementales ocasionados por la decisión de emprender una inversión; los ahorros tributarios asociados al proyecto; la diferenciación entre los costos contables asignados y los costos pertinentes que deben ser considerados para la decisión; la determinación del punto de conveniencia para hacer una modernización; la medición del grado de impacto que un cambio en el valor de una variable tenga sobre el resultado de la rentabilidad calculada para el proyecto, o la sensibilización de una variable con impacto dual hacia la situación actual y hacia la situación con proyecto; y el momento óptimo de efectuar la modernización.

En los capítulos siguientes, se pretende ofrecer un criterio general para enfrentar correctamente los problemas enunciados, con las correspondientes metodologías para un uso eficaz del instrumento.

Este capítulo, en particular, intenta exponer y caracterizar una tipología de las diferentes opciones que se observan al evaluar la enorme cantidad de proyectos de inversión que pretenden incorporar algún valor agregado a la empresa mediante un cambio que conduzca a una justificada modernización dentro de ella, así como explicar las bases conceptuales que posibilitarán la resolución de los diferentes casos que se analizan en los capítulos posteriores.

1.1 Tipologías de proyectos

Las opciones de inversión se pueden clasificar preliminarmente en dependientes, independientes y mutuamente excluyentes.

Las inversiones dependientes son aquellas que para ser realizadas requieren otra inversión. Por ejemplo, el sistema de evaluación de residuos en una planta termoeléctrica que emplea carbón depende de que se haga la planta, mientras que esta última necesita de la evacuación de residuos para funcionar adecuadamente. En este caso, se hablará de proyectos complementarios y lo más común será evaluarlos en conjunto.

Un caso particular de proyectos dependientes es el relacionado con proyectos cuyo grado de dependencia se da más por razones económicas que físicas, es decir, cuando realizar dos inversiones juntas ocasiona un efecto sinérgico en la rentabilidad, en el sentido de que el resultado combinado es mayor que la suma de los resultados individuales. El caso contrario, efecto entrópico, se produce cuando la realización de dos proyectos simultáneos hace obtener un resultado inferior a la suma de las rentabilidades individuales. Obviamente, esto no significa que deba optarse por una u otra inversión, ya que el resultado conjunto, probablemente, sea superior al de cada proyecto individual en la mayoría de los casos.

Las inversiones independientes son las que se pueden realizar sin depender ni afectar o ser afectadas por otros proyectos. Dos proyectos independientes pueden conducir a la decisión de hacer ambos, ninguno o solo uno de ellos. Por ejemplo, la decisión de comprar o alquilar oficinas es independiente de la decisión que se tome respecto del sistema informático.

Las inversiones mutuamente excluyentes, como su nombre lo indica, corresponden a proyectos opcionales, donde aceptar uno impide que se haga el otro o lo hace innecesario. Por ejemplo, elegir una tecnología que usa petróleo en vez de carbón hace innecesario invertir en un sistema para evacuar cenizas y residuos del carbón.

Una complejidad adicional a las ya mencionadas es la gran diversidad de tipos de proyectos de modernización que se pueden presentar en una empresa en marcha, cada uno de los cuales requiere consideraciones especiales para su evaluación.

Una primera clasificación de estos proyectos se realiza en función de la finalidad de la inversión, es decir, del objetivo de la asignación de recursos que permite distinguir entre proyectos que buscan crear nuevos negocios o empresas, y proyectos que buscan evaluar un cambio, mejora o modernización en una empresa existente. Entre estos últimos se identifican, por ejemplo, proyectos que involucran el *outsourcing*, la internalización de servicios o la elaboración de productos provistos por empresas externas, la ampliación del nivel de operación de la empresa, el abandono de ciertas líneas de producción o el simple reemplazo o renovación de activos que pueden o no implicar cambios en algunos costos, pero no en los ingresos ni en el nivel de operación de la empresa.

Algunos casos típicos de proyectos en empresas en marcha –por ejemplo, para el sector salud– son los siguientes.

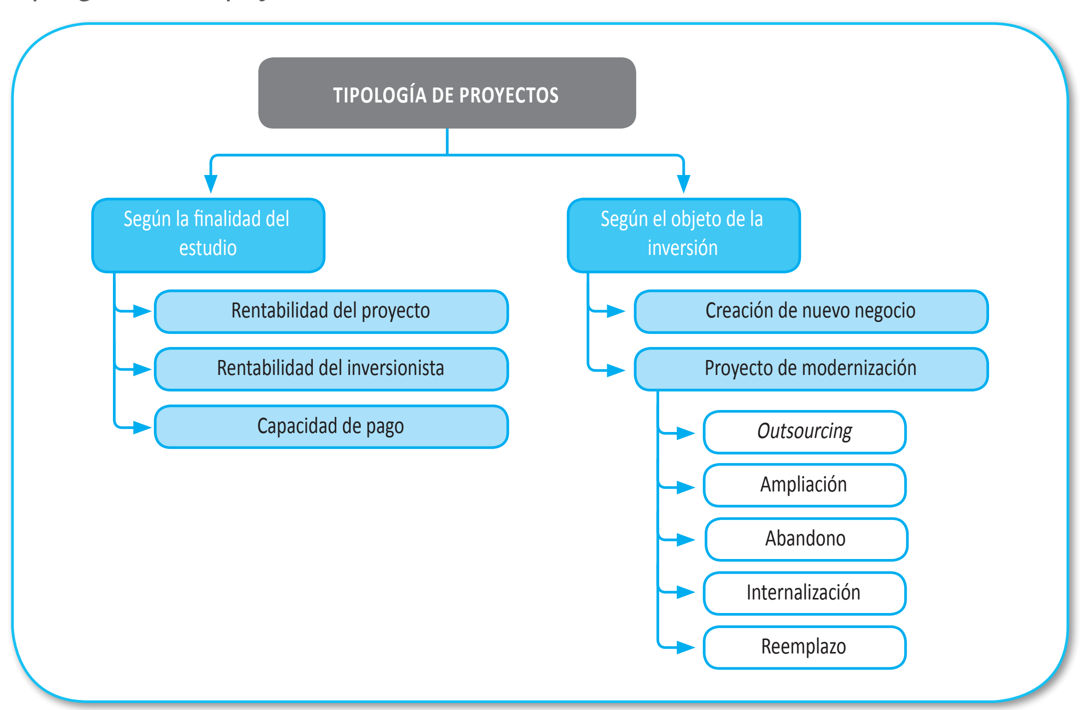
- *Outsourcing*: externalización de los servicios de lavandería para destinar los espacios liberados a ampliar las instalaciones médicas o para reducir costos.
- Ampliación: construcción y habilitación de nuevos boxes para aumentar la capacidad de atención y reducir las listas de espera de pacientes.
- Abandono: cierre de una parte de la unidad de cirugía reconstructiva si tiene mucha capacidad ociosa, para transformarla en un centro de imageneología.
- Internalización: creación de un laboratorio de procesamiento de muestras en el interior del establecimiento, para evitarle al paciente recurrir a otros centros médicos.
- Reemplazo: modernización de los equipos de escáner.

Una clasificación más profunda permite identificar proyectos que enfrentan una ampliación mediante el reemplazo de equipos de poca capacidad por otros de mayor capacidad o que solucionan la ampliación con una inversión complementaria que adiciona equipos a los activos actuales. Con ambas alternativas se soluciona el mismo

problema de crecimiento, pero con fuertes y distintas implicancias para el trabajo del evaluador, tal como se expondrá más adelante.

En algunas ocasiones, se podrá identificar un tipo especial de proyecto de expansión, por cuanto se evalúa una inversión que permita el lanzamiento de nuevos productos o la mejora de los existentes. Este caso no será tratado en forma especial en este texto, ya que su solución se asimila a lo que se expondrá para proyectos de ampliación (hacer más de lo mismo) o de internalización.

Figura 1.1
Tipología básica de proyectos



Por último, cada uno de los casos anteriores puede clasificarse, también, en función de su fuente de financiamiento; se distingue entre aquellos financiados con *leasing*[3], los financiados por endeudamiento –ya sea con el sistema financiero o con proveedores–, los financiados con recursos propios y los financiados con una combinación de fuentes.

Muchas veces, la ampliación ocasionará aumentos tan importantes en los niveles de ingresos, que harán estimar como muy conveniente la modernización. Sin embargo, la ampliación puede provocar fuertes impactos en las estructuras de costos de la empresa, tanto en los directamente asociados con la ampliación como en los que indirectamente

3 Es una forma de financiar la adquisición de un activo, mediante la cual se compromete una serie de pagos futuros en la forma de un alquiler, con la opción de compra junto con el pago de la última cuota.

afectarán, por ejemplo, la administración y el mantenimiento de los sistemas de información y de control, entre otros. Por ello, para evaluar la conveniencia de crecer, será preciso demostrar que los incrementos en los costos son menores que el incremento en los beneficios. Un problema específico con respecto a esto se relaciona con la situación de aquellas empresas que actualmente podrían tener pérdidas, porque la modernización, si bien permitiría minimizarlas, no posibilita hacer todo el negocio rentable.

En este caso, para tomar la mejor decisión deberá incluirse otro tipo de consideraciones complementarias a las únicamente económicas que provee el estudio de proyectos.

Pero también los proyectos se pueden clasificar en función de la finalidad del estudio, es decir, de acuerdo con lo que se espera medir con su realización. En este contexto, es posible identificar tres tipos de proyectos que obligan a conocer tres formas diferentes de construir los flujos de caja para lograr el resultado deseado:

1. Estudios para medir la rentabilidad de la inversión, independientemente de dónde provengan los fondos.
2. Estudios para medir la rentabilidad de los recursos propios invertidos en el proyecto.
3. Estudios para medir la capacidad del propio proyecto con la finalidad de enfrentar los compromisos de pago asumidos en un eventual endeudamiento para su realización.

Es frecuente, por ejemplo, confundir la rentabilidad del proyecto con la rentabilidad del inversionista. Mientras que en el primer caso se busca medir la rentabilidad de un negocio, independientemente de quién lo haga, en el segundo interesa, contrariamente, medir la rentabilidad de los recursos propios de quien realizará la inversión, en la eventualidad de que se lleve a cabo el proyecto. Considérese el siguiente ejemplo para observar la diferencia en el resultado entre ambas opciones.

Ejemplo 1.1

Un proyecto que requiere una inversión de $1.000 reditúa en un año $1.120, en moneda de igual valor, a quien lo realice. Es decir, le permite aumentar su riqueza en $120, lo que corresponde a una rentabilidad de 12% anual. Sin embargo, el inversionista no dispone del total de la inversión y debe necesariamente endeudarse para poder implementar el proyecto. Si un banco le presta los recursos faltantes, supongamos $800, a un tasa anual de 8%, a fin de año deberá devolverle el capital prestado más el interés cobrado. Es decir, deberá devolver $864. Si el proyecto le generaba una ganancia neta de $120 y por endeudarse debe pagar al banco $64 de interés, ahora al inversionista le quedan solo $56. Si el proyecto exhibía una rentabilidad de 12%, solo por el efecto del financiamiento el inversionista obtiene una rentabilidad de 28%. Esto, por cuanto al recibir una ganancia de $56 sobre los $200 de su propia inversión (la diferencia entre el préstamo y el total de la inversión), sus recursos obtienen un retorno de 28%.

En la Tabla 1.1, se sistematiza la situación expuesta y se pueden observar los resultados de las distintas rentabilidades de un mismo proyecto, si se incluye o no el efecto del financiamiento.

Tabla 1.1 ***Rentabilidad del proyecto y rentabilidad del inversionista***

	Momento 0 ($)	Momento 1 ($)	Incremento ($)	Tasa (%)
Flujo proyecto	–$1.000	$1.120	$120	12
Financiamiento	$800	–$864	–$64	8
Flujo inversionista	–$200	$256	$56	28

Con estos mismos datos es posible observar el impacto de una variación en la rentabilidad del proyecto sobre la del inversionista.

Ejemplo 1.2

Si al optimizar la combinación de factores durante la formulación del proyecto se logra incrementar el flujo de caja del momento 1 a $1.130, obviamente las rentabilidades del proyecto y del inversionista aumentan, pero no el costo del financiamiento externo, por lo que los resultados que se obtendrían son los siguientes.

Tabla 1.2 ***Variación en la rentabilidad del proyecto y del inversionista***

	Momento 0 ($)	Momento 1 ($)	Incremento ($)	Tasa (%)
Flujo proyecto	–$1.000	$1.130	$130	13
Financiamiento	$800	–$864	–$64	8
Flujo inversionista	–$200	$266	$66	33

En otras palabras, lograr una mejor opción que aumente la rentabilidad –por ejemplo, si el mantenimiento de maquinaria pesada es más barato al identificar un *outsourcing*– en 1% hace que la rentabilidad de los recursos propios lo haga en 5%. De aquí la importancia que se da en este texto a la optimización de las variables que configurarán las características del proyecto durante la etapa de formulación.

Obviamente, en estos ejemplos no se han incluido elementos fundamentales de una comparación, como el valor tiempo del dinero o el efecto tributario del endeudamiento. Este último hace que la rentabilidad del inversionista sea aún mayor, por constituir los intereses un gasto contable que reduce la utilidad de la empresa y, por lo tanto, la cuantía de los impuestos que se deberán pagar. En el Capítulo 7, se tratan ambos efectos en forma detallada.

Aunque la evaluación de proyectos de inversión en empresas en marcha tiene diferencias significativas respecto de la evaluación de proyectos para medir la conveniencia de la creación de nuevos negocios, los fundamentos conceptuales básicos son comunes a ambos tipos de estudios.

1.2 Estudios de viabilidad

La decisión de emprender una inversión, como todo proceso decisional, tiene cuatro componentes básicos:

1. El decisor, que puede ser un inversionista, financista o analista.
2. Las variables controlables por el decisor, que pueden hacer variar el resultado de un mismo proyecto, dependiendo de quién sea él.
3. Las variables no controlables por el decisor y que influyen en el resultado del proyecto.
4. Las opciones o proyectos que se deben evaluar para solucionar un problema o aprovechar una oportunidad de negocios.

La responsabilidad del evaluador de proyectos será aportar el máximo de información para ayudar al decisor a elegir la mejor opción. Para esto, es fundamental identificar todas las opciones y sus viabilidades como único camino para lograr uno óptimo con la decisión.

El análisis del entorno donde se sitúa la empresa y del proyecto que se evalúa implementar es fundamental para determinar el impacto de las variables controlables y no controlables, así como para definir las distintas opciones mediante las cuales es posible emprender la inversión. Tan importante como identificar y dimensionar las fuerzas del entorno que influyen o afectan el comportamiento del proyecto, la empresa o, incluso, el sector industrial al que pertenece es definir las opciones estratégicas de la decisión en un contexto dinámico.

El estudio del entorno demográfico, por ejemplo, permite determinar el comportamiento de la población atendida por otras empresas y de aquella por atender con el proyecto, su tasa de crecimiento, los procesos de migración, la composición por grupos de edad, sexo, educación y ocupación, la población económicamente activa, empleada y desempleada, etcétera.

El estudio del entorno cultural obliga a realizar un análisis descriptivo para comprender los valores y el comportamiento de potenciales clientes, proveedores, competidores y trabajadores. Para ello, es importante estudiar las tradiciones, los valores y principios éticos, las creencias, las normas, las preferencias, los gustos y las actitudes frente al consumo.

El estudio del entorno tecnológico busca identificar las tendencias de la innovación tecnológica en los procesos de producción y apoyo a la administración, así como el grado de adopción que de ella hagan los competidores.

Para recomendar la aprobación de cualquier proyecto, es preciso estudiar un mínimo de tres viabilidades que condicionarán el éxito o el fracaso de una inversión: la viabilidad técnica, la legal y la económica. Otras dos viabilidades, no incluidas generalmente en un proyecto, son la de gestión y la política. Estas dos, si bien pueden estudiarse cada una en forma independiente, se incorporan en este texto como parte de la viabilidad económica, aunque solo en los aspectos que a esta corresponden.

Por otra parte, una viabilidad cada vez más exigida en los estudios de proyectos es la que mide el impacto ambiental de la inversión.

La viabilidad técnica busca determinar si es posible, física o materialmente, "hacer" un proyecto, determinación que es realizada generalmente por los expertos propios del área en la que se sitúa el proyecto. En algunos casos, el estudio de esta viabilidad puede llegar, incluso, a evaluar la capacidad técnica y el nivel de motivación del personal de la empresa que se involucraría en el nuevo proyecto. No se puede asumir que, por el hecho de que la empresa está funcionando, es viable técnicamente hacer más de lo mismo. La ampliación de la capacidad instalada se podría hacer construyendo un nuevo piso sobre el edificio, dependiendo de que las bases estructurales y las características técnicas lo permitan. Poner más maquinaria que funcione con energía eléctrica se podrá hacer solamente si existe la potencia eléctrica necesaria en los transformadores.

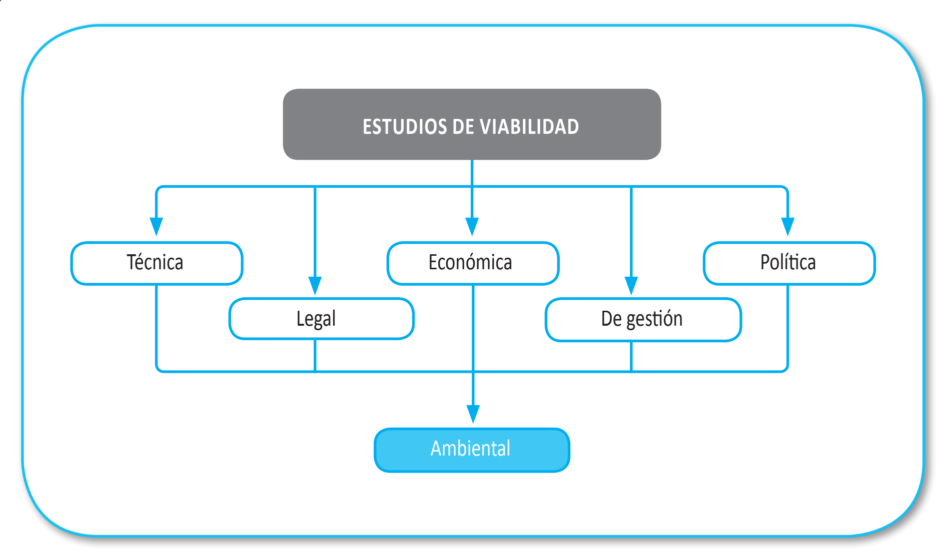
La viabilidad legal, por otra parte, se refiere a la necesidad de determinar tanto la inexistencia de trabas legales para la instalación y la operación normal del proyecto como la falta de normas internas de la empresa que pudieran contraponerse a alguno de los aspectos de la puesta en marcha o posterior operación del proyecto. Suponiendo que es viable técnicamente construir un nuevo piso sobre la estructura actual del edificio, todavía se debe determinar si la nueva altura está dentro de los rangos permitidos de constructibilidad y de los límites de las rasantes respecto del área del terreno.

La viabilidad económica busca definir, mediante la comparación de los beneficios y costos estimados de un proyecto, si es rentable la inversión que demanda su implementación. El resto de este texto se concentra en el análisis de la viabilidad económica de proyectos.

La viabilidad de gestión busca determinar si existen las capacidades gerenciales internas en la empresa para lograr la correcta implementación y la eficiente administración del negocio. En caso de no ser así, se debe evaluar la posibilidad de conseguir el personal con las habilidades y capacidades requeridas en el mercado laboral; por ejemplo, al internalizar un proceso que involucre tareas muy distintas de las desarrolladas hasta ahora por la empresa.

La viabilidad política corresponde a la intencionalidad, por parte de quienes deben decidir, de querer o no implementar un proyecto, independientemente de su rentabilidad.

Figura 1.2
Clasificación de los estudios de viabilidad



Dado que los agentes que participan en la decisión de una inversión –como los directivos superiores de la empresa, socios y directores del negocio, financista bancario o personal, evaluador del proyecto, etc.– tienen grados distintos de aversión al riesgo, poseen información diferente y tienen expectativas, recursos y opciones de negocios también diversos, la forma de considerar la información que provee un mismo estudio de proyectos para tomar una posición al respecto puede diferir significativamente entre ellos.

Ejemplo 1.3

Si se comparan los dos proyectos de la Tabla 1.3 con los criterios tradicionales, probablemente se opte por elegir el proyecto *A*, por tener un valor actual neto[4] sustancialmente mayor que el del proyecto *B*. Dado que ambos requieren igual monto de inversión, que tienen la misma proyección de ventas e igual vida útil, y suponiendo equivalentes condiciones de riesgo, la mayoría optaría por el primero, por ser más rentable.

4 El valor actual neto (VAN) es un indicador de la rentabilidad de un proyecto, que señala cuánto se ganaría al hacerlo por sobre la rentabilidad que se le exige al proyecto y después de recuperada la inversión. O sea, si este resultado fuese 0, el proyecto es satisfactorio, porque da al inversionista justo lo que quiere ganar y le permite recuperar todo lo invertido.

Tabla 1.3 ***Sensibilización de la rentabilidad ante cambios en las ventas***

	Proyecto *A*	Proyecto *B*
Inversión	$30.000	$30.000
Vida útil	10 años	10 años
Valor de desecho	0	0
Ventas anuales	1.000 unidades	1.000 unidades
VAN	$12.000	$4.000
Ventas de equilibrio anuales	950 unidades	650 unidades

Sin embargo, al sensibilizar los dos proyectos, frente a cambios en los niveles de ventas, para determinar cuál es la cantidad básica que se debería vender para que se logre ganar únicamente lo que se exige como mínimo de retorno a la inversión, se observa que el proyecto *A* resiste como máximo una caída de 5% en las ventas, mientras que el proyecto *B*, el menos rentable, resiste una caída de 35%. Con esta información, probablemente muchos optarán por el segundo proyecto.

Nótese que esta sensibilización de la variable cantidad no hizo más riesgoso al proyecto *A*. Solo agregó información para facilitar la toma de decisiones por parte de los distintos agentes involucrados en ella. Quienes crean posible vender 1.000 unidades, o al menos 950, elegirán la alternativa *A*, y quienes crean que es difícil llegar a ese volumen de ventas probablemente optarán por la alternativa *B*.

Para apoyar la decisión, la evaluación deberá incorporar un dato adicional a la sola medición de una rentabilidad: la sensibilización de los resultados. Los análisis de sensibilidad constituyen, con respecto a esto, una de las más eficaces herramientas para apoyar la viabilidad política.

En el Ejemplo 1.3 se podría dar el caso de que el inversionista considere más riesgoso el proyecto *B* que el *A*, si cree que 5% de holgura en que puede caer la demanda del proyecto *A* es un rango muy alto frente a sus estimaciones y al valor que da al estudio del mercado, y, al mismo tiempo, estima que 35% de holgura del proyecto *B* es un rango muy bajo y riesgoso por las características que muestra el proyecto. Esto se observa, por ejemplo, en numerosos proyectos que pretenden introducir una innovación tecnológica para sustituir un producto muy bien posicionado en el mercado, como sucede con la fabricación de ventanas de PVC para sustituir a las de madera o aluminio. Por muchas y buenas que sean las características técnicas del PVC, el inversionista podría dudar sobre cómo lo percibe el cliente, quien, incluso, podría considerar erróneamente a la ventana como “ventana de plástico” y, por lo tanto, asociarla a una menor calidad.

La viabilidad ambiental, por último, busca determinar el impacto que la implementación del proyecto tendría sobre las variables del entorno ambiental, como por ejemplo los efectos de la contaminación. Esta viabilidad abarca a todas las anteriores, por cuanto tiene inferencias técnicas (selección del sistema de evacuación de residuos), legales (cumplimiento de las normas sobre impacto ambiental) y económicas (la elección de una opción que, aunque menos rentable que la óptima, posibilite el cumplimiento de las normas de aceptabilidad del proyecto, como por ejemplo el tamaño de un edificio de estacionamientos para alquiler en función del impacto vial máximo permitido).

La viabilidad ambiental es diferente del estudio de impacto ambiental que se realiza en el estudio de la viabilidad económica. En este último, se determinan tanto los costos asociados con las medidas de mitigación parcial o total como los beneficios asociados con los años evitados, y ambos efectos se incluyen dentro del flujo de caja del proyecto que se evalúa.

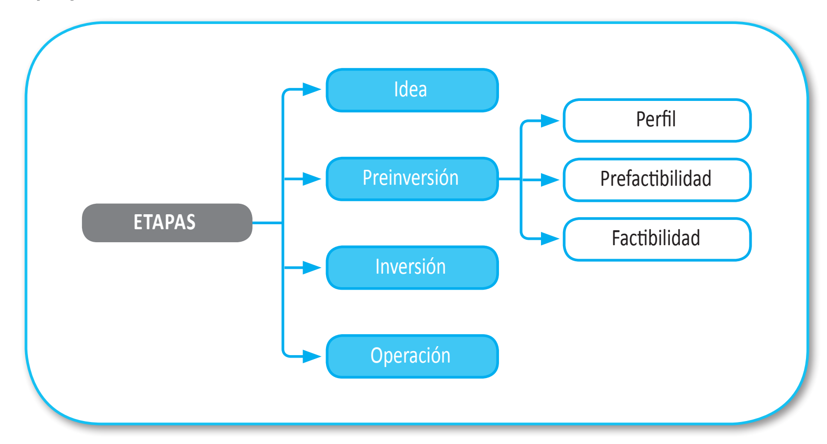
Económicamente, las medidas de mitigación de daños ambientales se adelantan hasta el punto en que el valor marginal del daño evitado se iguale con el costo marginal del control de daños. Desde esta perspectiva, se busca minimizar el costo total del proyecto, para lo cual es permisible un cierto nivel de daño ambiental residual, que en muchos casos no tiene un carácter permanente.

Desde el punto de vista de la medición de la rentabilidad privada, se deberán incluir los costos que más probablemente enfrentará el inversionista, como por ejemplo una compensación económica futura por el daño causado. Entre otros, se deberán incluir costos como los necesarios para cumplir con las normas de emisión de gases o contaminación de aguas; para eliminar, reciclar o biodegradar residuos sólidos que no pueden ser depositados en lugares controlados y autorizados para tales fines; y para acceder a materias primas que cumplan con normas vinculadas con residuos de embalajes.

1.3 Etapas de un proyecto

Hay muchas formas de clasificar las etapas de un proyecto de inversión. Una de las más comunes, y que se empleará en este texto, identifica cuatro etapas básicas: la generación de la idea, los estudios de preinversión para medir la conveniencia económica de llevar a cabo la idea, la inversión para la implementación del proyecto, y la puesta en marcha y operación.

Figura 1.3
Etapas de un proyecto



La etapa de idea corresponde al proceso sistemático de búsqueda de nuevas oportunidades de negocios o de posibilidades de mejoramiento en el funcionamiento de una empresa, proceso que surge de la identificación de opciones de solución de problemas e ineficiencias internas que pudieran existir, o de las diferentes formas de enfrentar las oportunidades de negocios que se pudieran presentar.

Es en la etapa de idea donde se realiza el primer diagnóstico de la situación actual. Aquí se debe vincular el proyecto con la solución de un problema, donde se encuentren las evidencias básicas que demuestren la conveniencia de implementarlo.

No menos importante es calificar su comportamiento temporal, para apreciar por cuánto tiempo ha existido, cómo ha evolucionado en el pasado y cuál se espera que sea su comportamiento futuro en caso de que el proyecto no se haga. De la misma forma, deben definirse su relevancia (magnitud del impacto negativo del problema) y su permanencia (temporal o estructural). Por ejemplo, la idea de crear un centro de salud privado para atender pacientes con sida reconoce que el problema ha ido creciendo exponencialmente, que es relevante porque afecta a cualquier estrato y que podría ser temporal si tienen efecto las campañas de prevención o si aparece la cura definitiva de la enfermedad.

Al analizar los efectos futuros del problema, en caso de no hacerse el proyecto, deberán proyectarse los efectos negativos de un crecimiento potencial del problema. Por ejemplo, si no se toman las medidas contra la contaminación, en cuánto aumentarán las consultas por enfermedades respiratorias, o si no se ataca la creciente tasa de obesidad infantil, en cuánto se incrementarán las enfermedades cardiovasculares, la productividad o la muerte prematura, entre otros.

No es suficiente saber cuántos pacientes se atienden hoy en un establecimiento asistencial, sino cuántos podrían atenderse si se optimizara el uso de recursos. Por

ejemplo, cuánto podrían disminuir las listas de espera en los hospitales públicos si se trabajase "a plena capacidad" las 24 horas del día. Cualquiera que sea la "tarifa" que se pague para conseguir personal médico dispuesto a ello, probablemente sea menor que el costo de construir un nuevo hospital.

Frente a un problema de ineficiencia interna en algún proceso cualquiera en la empresa, surgen los proyectos de *outsourcing*, reemplazo y abandono. La existencia de capacidad ociosa da la oportunidad de evaluar proyectos de internalización, de reemplazo con reducción de capacidad y de ampliación de la producción o prestación de servicios.

Un emprendedor eficaz es aquel que tiene la capacidad de identificar oportunidades en periodos de crisis para obtener beneficios. Hace una década, si alguien señalaba algún problema en la empresa, era considerado desleal, conflictivo y hasta peligroso para la organización. Hoy existe la función de gerente de beneficios, cuya labor es buscar la mayor cantidad posible de problemas y opciones de mejora en una empresa.

La gerencia de beneficios induce a la búsqueda permanente de ideas de proyectos a través de diversos mecanismos, como –entre otros– los siguientes.

- **Análisis de problemas:** la posible solución (aunque sea parcial) a los problemas de los demás puede transformarse en un proyecto (protección ante la inseguridad, servicios a domicilio para apoyar el crecimiento de las esposas que trabajan, etc.).
- **Análisis de necesidades:** hoy las personas pueden estar satisfaciendo una parte de sus necesidades porque no existe la oferta de un producto que lo haga totalmente.
- **Análisis de los deseos:** vestirse es una necesidad, pero estar a la moda es un deseo.
- **Análisis del cambio en los gustos y preferencias:** la mayor preocupación por el ocio y la apariencia física.

La generación de ideas de proyectos no requiere solo imaginación[5]. Existen muchas y diversas fuentes de inspiración. La observación de lo que actualmente se hace permite deducir posibles mejoras, así como la revisión de las necesidades de la propia empresa y de su entorno permite apreciar grados de satisfacción de sus clientes. Si los requerimientos no están totalmente satisfechos, existe ahí una oportunidad de negocios. Por ejemplo, el envejecimiento de la población permite deducir un crecimiento futuro en la demanda de productos de mayor calidad y en formatos más específicos para matrimonios mayores que viven sin los hijos. El cambio en los hábitos de vida (más autonomía e independencia) y de consumo (alimentación, entretenimiento) hace demandar servicios cada vez más complejos, como el servicio de comida a domicilio.

5 Las novelas de Julio Verne y las historietas de Walt Disney obviamente inspiraron nuevos proyectos, nuevos diseños de automóviles, etcétera.

Un nuevo proyecto que busque dar respuesta a estos requerimientos con una oferta innovadora efectiva exige que el producto o servicio sea el resultado de una búsqueda sistemática, en la cual se observe qué sucede en otros lugares y la posibilidad de que el mercado local adopte esos cambios. Ante el envejecimiento de la población, surgen las residencias de ancianos, la presentación de productos en tamaños más reducidos y con características apropiadas a matrimonios mayores que viven solos. En Estados Unidos, se adoptó el término *woopies* para representar a la gente mayor y adinerada que, después de jubilarse, manifiesta nuevas necesidades de consumo y entretenimiento, dispone de una pensión segura (y en muchos casos, alta) y tiene reducidas responsabilidades u obligaciones financieras.

Los jóvenes, por otra parte, tardan más en casarse y sus demandas son propias de quienes viven solos o en pareja antes de casarse. Esto explica los cambios en la oferta habitacional, donde se observa un crecimiento explosivo de viviendas unipersonales, así como de electrodomésticos diferenciados por su tamaño.

La participación cada día mayor de la mujer en el trabajo incrementa las ventas de comidas preparadas y la aparición de nuevos servicios domésticos y de apoyo al cuidado y la educación de los hijos pequeños.

La demanda creciente por el perfeccionamiento profesional hace que se ofrezcan múltiples cursos de posgrado o de especialización, y libros como este.

El retorno a la valorización del tiempo disponible y la preocupación por el culto al cuerpo sano están desarrollando el mercado de los gimnasios, los complementos nutricionales y los insumos deportivos.

Antes de evaluar la idea, esta debe definirse con precisión, especificando el valor creado o añadido para el cliente. La idea, así definida, debe confrontarse con el mercado potencial para determinar las razones de por qué será preferida en vez de lo ofertado por la competencia. Esto obliga a explicitar las ventajas comparativas, basándose en las debilidades de la competencia, donde la demanda no esté siendo satisfecha o lo esté de manera ineficiente.

El proceso de búsqueda de oportunidades de inversión se ve facilitado cuando es posible identificar las fortalezas específicas propias: ventajas diferenciadoras del producto, de los recursos y de las disponibilidades de insumos; cobertura diferenciada del mercado; organización de ventas o distribución más sólida; ventajas geográficas; desarrollo de aplicaciones innovadoras; capacidad para detectar anticipadamente cambios en el entorno, en los estilos de vida y en las necesidades de los consumidores; problemas en la competencia por calidad del producto, escasez de recursos, limitaciones de producción, insatisfacción del cliente, etcétera.

La eficacia del proceso de decisión se fundamenta en la capacidad para identificar el máximo de opciones de solución a cada problema u oportunidad de inversión. Es

frecuente que el estudio de proyectos se inicie con base en opciones ya definidas. El óptimo, sin embargo, puede estar en una opción no predefinida. Por ejemplo, si el proceso de producción pasa por dos máquinas cuya capacidad de producción es de 106 y 112 unidades/hora, respectivamente, y termina en una tercera que da el acabado al producto con una capacidad limitada a solo 60 unidades/hora y se evalúa enfrentar una demanda equivalente a 100 unidades/hora, las opciones de solución son múltiples: hacer trabajar la tercera máquina en dos turnos, pagar horas extras a los trabajadores, subcontratar el servicio de acabado, comprar una segunda máquina o bajar todo el nivel de producción a 60 unidades/hora, entre otras.

La etapa de preinversión corresponde al estudio de la viabilidad económica de las diversas opciones de solución identificadas para cada una de las ideas de proyectos. Esta etapa se puede desarrollar de tres formas distintas, dependiendo de la cantidad y la calidad de la información considerada en la evaluación: perfil, prefactibilidad y factibilidad.

Mientras menor cantidad y calidad tenga la información, más se acerca el estudio al nivel de perfil; y mientras más y mejor sea esta, más se acerca al nivel de factibilidad. Es decir, la profundización de los estudios de viabilidad económica posibilita reducir la incertidumbre sobre algunas variables que condicionan el resultado en la medición de la rentabilidad de un proyecto, a costa de una mayor inversión en estudios.

El estudio a nivel de perfil es el más preliminar de todos. Su análisis es, con frecuencia, estático[6] y se basa principalmente en información secundaria[7], generalmente de tipo cualitativo, en opiniones de expertos o en cifras estimativas. Su objetivo fundamental es, por una parte, determinar si existen antecedentes que justifiquen abandonar el proyecto sin efectuar mayores gastos futuros en estudios que proporcionen mayor y mejor información; y por otra, reducir las opciones de solución, seleccionando aquellas que en un primer análisis podrían aparecer como las más convenientes.

Los niveles de prefactibilidad y factibilidad son esencialmente dinámicos; es decir, proyectan los costos y beneficios a lo largo del tiempo y los expresan mediante un flujo de caja estructurado en función de criterios convencionales previamente establecidos. En el nivel de prefactibilidad se proyectan los costos y beneficios con base en criterios cuantitativos, pero sirviéndose mayoritariamente de información secundaria. En el de factibilidad, la información tiende a ser demostrativa, y se recurre principalmente a información de tipo primario. La información primaria es la que genera la fuente misma de la información. Por ejemplo, mientras que el costo promedio del metro cuadrado de construcción se usa a nivel de prefactibilidad por ser un promedio o estándar, en

6 Compara, por ejemplo, los costos con los beneficios de un periodo considerado como representativo o promedio anual perpetuo del comportamiento de un proyecto.

7 Esta proviene de fuentes de información secundaria, como la elaborada por terceros: promedios de precios de insumos, estándares de costos de construcción, tasa de crecimiento de la población revelada por el instituto nacional de estadísticas, registros de importación del banco central y otras que pueden ser consideradas como representativas de la situación que se evalúa en el proyecto.

factibilidad debe realizarse un estudio detallado de cada uno de los ítems, para determinar la cuantía de los costos específicos de esa construcción en particular.

Otros estándares comunes usados en el nivel de prefactibilidad son el costo de combustible por unidad producida, la inversión por kilowatt de capacidad, el costo de transporte por tonelada/kilómetro movilizada, el costo de mantenimiento por unidad de producción, el porcentaje de pérdidas por manipulación de insumos, los kilómetros recorridos por litro de gasolina, etcétera.

Dependiendo de lo completo del estudio y lo convincente de los resultados obtenidos a nivel de perfil, se decidirá si se pasa a la etapa de prefactibilidad o directamente a la de factibilidad. En casi la totalidad de los casos, el nivel de perfil proporciona informaciones tan generales que se hace imprescindible realizar la prefactibilidad del proyecto.

Contrariamente a lo sostenido por varios autores, lo que parece más conveniente para la empresa no es llevar todo un estudio de viabilidad a nivel de factibilidad, sino hacerlo solamente con aquellas variables respecto de las cuales se tenga mayor incertidumbre. Así, por ejemplo, se podrían calcular ciertos costos de producción a nivel de prefactibilidad cuando los estándares son conocidos y altamente confiables, y, en el mismo estudio, estimar la demanda a nivel de factibilidad cuando hay dudas razonables acerca de la magnitud de esta calculada con información aproximada, como la de tipo secundario.

Cuando evaluamos un proyecto, no es común llegar a definir acciones estratégicas de la futura gerencia del negocio en una etapa de prefactibilidad, a pesar de que sabemos que impactará sobre la cuantía de los costos y éxitos (beneficios). Dadas las características de la prefactibilidad, esto es generalmente aceptado por todos. Sin embargo, lo que muchos plantean es que tampoco en factibilidad correspondería hacerlo, ya que esto es parte del plan de implementación, donde el equipo que participa en la operación no es el mismo que evalúa.

Con esto último no estoy de acuerdo, como tampoco lo estoy con que todas las variables del proyecto deben llegar a factibilidad. Sin embargo, aquellas que lo hacen sí deben considerar estas variables estratégicas de la implementación por los efectos económicos que podrían alterar la rentabilidad de la inversión. Por ejemplo, solo con respecto a la estrategia de penetración de un nuevo proyecto en el mercado, podemos definir varias opciones.

- **Estrategia de persuasión:** potenciar las ventajas del producto (el perro sería un buen guardián) implicará el diseño de un producto con atributos adicionales a los del resto de la competencia (pasta dental con flúor).
- **Estrategia de coacción:** en este caso, la estrategia probablemente no exigirá agregar nuevos atributos al producto, pero requerirá mayores recursos para lograr más potenciamiento de la marca, de su prestigio y de los beneficios que conlleva poseerla.

- **Estrategia de distracción:** son las típicas campañas donde se agrega un complemento promocional para desviar la atención ante productos *commodities*, donde cuesta la fidelización a una marca. Por ejemplo, en el caso de las gasolineras, suponga que se ofrece regalar una muñeca Barbie a quienes reúnan una cantidad de cupones por la compra de gasolina. Piense en el costo que ello involucra en la compra de cientos de miles de Barbies, en la inversión publicitaria, en el costo de distribuirlas en todas las gasolineras del país, en el costo del sistema de información que se requerirá para saber los inventarios en cada gasolinera, de modo que no se corra el riesgo de que, por ejemplo, cuando una niña vaya a canjear los cupones, no esté en *stock* el color de vestido que ella quería.

Hay decisiones importantes que resultan de un análisis estratégico del negocio, de cuyos resultados se derivarán costos, inversiones y beneficios que pueden hacer cambiar sustancialmente el resultado de la evaluación del proyecto.

La etapa de inversión, en tanto, corresponde al proceso de implementación del proyecto, donde se materializan todas las inversiones previas a su puesta en marcha.

Finalmente, la etapa de operación es aquella en la que la inversión ya materializada está en ejecución; por ejemplo, el uso de una nueva máquina que reemplazó a otra anterior, la compra a terceros de servicios antes provistos internamente, el mayor nivel de producción observado como resultado de una inversión en la ampliación de la planta o con la puesta en marcha de un nuevo negocio.

1.4 Proceso de estudio del proyecto

El estudio de la rentabilidad de una inversión busca determinar, con la mayor precisión posible, la cuantía de las inversiones, los costos y beneficios de un proyecto para posteriormente compararlos y decidir la conveniencia de emprender dicho proyecto.

Consta de tres actividades muy diferentes entre sí –formulación, preparación y evaluación–, donde un error en cualquiera de ellas puede llevar a conclusiones equivocadas.

La formulación es la más difícil e importante de todas las actividades para que el proyecto pueda efectivamente asignar los recursos de manera eficiente. En esta etapa, se definen primero las características del proyecto y luego la cuantificación de sus costos y beneficios. La cantidad de opciones que existen para configurar el proyecto obliga a identificar las más relevantes y proceder a su evaluación para determinar cuál es la mejor. Por ejemplo:

- Comprar o arrendar las oficinas.
- Comprar una máquina barata que tiene una vida útil de cuatro años o una más cara pero cuya vida útil es de nueve años.

- Invertir en un área de mantenimiento interno de equipos o contratar el mantenimiento externo a través de un *outsourcing*.
- Pagar horas extras o contratar un segundo turno.
- Instalar una sola planta asumiendo altos costos de transporte o dos plantas reduciendo este costo.

La lista de temas no resueltos es, en la gran mayoría de los proyectos, mucho más larga que la lista de los aquí enunciados. Incluso, cuestiones que podrían parecer obvias pueden ser evaluadas y modificadas. Por ejemplo, si una ordenanza municipal permite la construcción de un edificio de hasta 18 pisos en un determinado terreno, la predisposición de muchos evaluadores e inversionistas es construir el máximo permitido. Sin embargo, podría ser más rentable edificar solo 16 pisos si se consideran factores como el mayor costo de construcción promedio de los últimos pisos, la necesidad de más estacionamientos, el mayor tiempo de construcción, la mayor inversión o el mayor tiempo de venta, entre otros.

Lo que hace la formulación es identificar todas las opciones posibles para cada decisión, considerando a cada una de ellas como un subproyecto que debe evaluarse. Esto, que podría parecer una tarea titánica e ineficiente, se resuelve fácilmente evaluando cada subproyecto a nivel de perfil. En el Capítulo 8, se trata este modelo con detalle.

Una vez configurado el proyecto, se procede a calcular con mayor precisión los costos y beneficios asociados con el diseño seleccionado. Si a nivel de perfil no se está en condiciones de elegir entre dos o tres configuraciones que muestran poca diferencia en la rentabilidad, se puede profundizar el estudio hasta disponer de la información suficiente para decidir.

La etapa siguiente a la formulación es la preparación, probablemente la etapa donde se cometen más errores, aunque es la más simple. En ella corresponde elaborar los flujos de caja, tarea que se complica si no se reconoce que existen distintas y complementarias formas de hacerlo.

Como se mencionó anteriormente, se puede construir un flujo para medir la rentabilidad del proyecto, otro para la rentabilidad de los recursos propios y otro para medir la capacidad de pago del financiamiento externo. Los tres no son excluyentes, y la mayoría de las veces es recomendable hacerlos todos, especialmente porque los dos últimos requieren correcciones muy simples al primero.

Si, además, se considera que la forma de construir el flujo de caja de un proyecto de creación difiere de la forma en que debe construirse para un proyecto en una empresa en marcha; si se considera también que, en este último caso, existen dos formas alternativas para llegar al mismo resultado; y que, asimismo, el procedimiento difiere entre los proyectos de inversión con los de desinversión, entonces se puede explicar el porqué de los errores. Las particularidades propias de cada proyecto podrían hacer

posible introducir más modificaciones al proceso de elaboración de los flujos de caja. Por ejemplo, el financiamiento vía deuda reconoce la propiedad del activo que se compara con esos recursos y, en consecuencia, se puede aprovechar el beneficio tributario tanto de los intereses de la deuda como de la depreciación del activo. Si se recurre a un *leasing*, el ahorro tributario se calcula sobre el total de la cuota, tal como un alquiler cualquiera.

Dependiendo del flujo de caja que se vaya a construir, se utilizará toda o parte de la información de inversiones, costos y beneficios calculados en la etapa de formulación.

Por su cuantía y su significación en los resultados de la evaluación, las inversiones son uno de los ítems que requieren la mayor dedicación en su estimación. Las inversiones de un proyecto se pueden clasificar en dos grandes tipos: aquellas que se realizarán antes de la implementación del proyecto y aquellas que se realizarán durante su operación. Las primeras dan origen a lo que se denomina calendario de inversiones, el cual refleja detalladamente, en un presupuesto, la totalidad de las inversiones previas a la puesta en marcha del proyecto, en el momento en que ocurre cada una de ellas. El objeto de identificarlas en el momento más exacto en que ocurren es el de poder incorporar el efecto del costo de capital que se debe asumir por mantener inmovilizados recursos durante la etapa de construcción. Costo de capital es la tasa de retorno que, como mínimo, se le exige generar a la inversión requerida por el proyecto y que equivale a la rentabilidad esperada, o a la que se renuncia por invertir en un proyecto económico de riesgo similar.

En algunos casos, la etapa de inversión puede durar varios meses o incluso años. Durante ese periodo, los recursos invertidos devengan intereses financieros si ellos son financiados mediante préstamos bancarios o generan un costo de oportunidad (ingresos dejados de percibir en otra posibilidad de inversión por tenerlos inmovilizados durante la etapa de construcción) si son financiados con recursos propios. Sin embargo, estos costos no deberían incluirse en el calendario de inversiones, ya que lo usual es que dicho flujo se capitalice, calculando un valor futuro equivalente único de todas las inversiones a una tasa que incluya este costo.

Durante la operación del proyecto, las inversiones se producen tanto por la necesidad de reemplazo de algunos activos como por tener que enfrentar el crecimiento o la ampliación de los niveles de operación.

La estimación de los costos es una tarea importante, tanto por su efecto en la determinación de la rentabilidad como por la variedad de elementos que condicionan su cuantía y su pertinencia en la evaluación, sean estos contables o no.

Para la toma de la decisión, entre proyectos que generen igual beneficio, será fundamental la diferencia entre los costos de cada alternativa. Estos costos, denominados costos diferenciales, expresan el incremento o la disminución de los costos totales, lo que implicaría la adopción de una u otra opción. Por ejemplo, no es relevante conocer la remuneración de una secretaria si lo que se evalúa es el tipo de computadora que

se le debe comprar, ni los ingresos si se busca determinar si la opción de una correa transportadora es mejor o no que un tractor con un carro de arrastre.

Los beneficios del proyecto están constituidos tanto por los ingresos operacionales proyectados como por los beneficios que, sin ser movimiento de caja, son parte de la riqueza del inversionista creada por el proyecto. Estos últimos no podrán ser considerados en la determinación de la capacidad de pago de un eventual préstamo para financiar las inversiones del proyecto, aunque es común que muchos analistas consideren que un proyecto, por el solo hecho de ser rentable, es sujeto de crédito.

Ejemplo 1.4

Si se evalúa la conveniencia de comprar un vehículo en $1.000 para utilizarlo en el transporte comercial de pasajeros y si se estima que puede generar recursos durante toda la vida útil de evaluación (10 años, por ejemplo) por el equivalente en moneda actual de solo $800, no se puede concluir que el proyecto sea malo, por cuanto la inversión le permitirá al inversionista ser dueño de un vehículo que, al cabo de los 10 años, podría ser vendido, por ejemplo, en $500 en moneda actual, o seguir generándole rentas futuras por su uso.

Tabla 1.4 ***Efecto de los beneficios que no son ingresos de caja***

Ítem	$
Inversión	–$1.000
Beneficio directo	$800
Valor remanente	$500
Saldo	$300

Para medir la rentabilidad de cualquier inversión, se deberá incluir este beneficio asociado al remanente de la inversión, al que se denomina valor de desecho. Pero para medir la capacidad de pago de eventuales préstamos con la finalidad de financiar dicha inversión, el valor de desecho deberá excluirse, ya que el proyecto no será vendido (y por ello no generará ingresos), pues solo fue valorado para medir el aumento o la disminución de la riqueza del inversionista. Si toda la inversión fuese prestada, el inversionista aumentaría su riqueza en $300, pero no tendría capacidad de pago en los 10 años, por cuanto para devolver el préstamo debería vender el activo financiado con ese préstamo.

En una empresa en funcionamiento, es común encontrar proyectos que no tienen ingresos relevantes; por ejemplo, cuando se evalúa la adquisición de sistemas computacionales, el reemplazo de un vehículo o el cambio de bodegas. En estos casos, los flujos de caja de las situaciones con y sin proyecto se construyen con base solo en costos y, eventualmente, en algún beneficio menor diferenciador entre ambos. En dichos casos, se determinará cuál es el de menor costo total para una misma meta.

El flujo de caja, cualquiera que sea la finalidad con la que se elabore, tiene una estructura convencional basada en criterios conocidos y ampliamente aceptados, que son fundamentales para que el resultado de la evaluación cumpla con los requerimientos de información de los distintos agentes involucrados en el proceso de aprobación y financiamiento. El horizonte de evaluación depende mucho de las características de cada proyecto. Si es uno al que se le augura una vida útil finita y conocida de, por ejemplo, cinco, ocho o 15 años, lo mejor será construir un flujo de caja a ese plazo. Pero si el proyecto pretende mantenerse en el tiempo, hay una convención, no escrita, que hace usar un periodo de evaluación de 10 años. Los beneficios que pueden esperarse después del décimo año se reflejan en el valor de desecho del proyecto. Este valor se anota como beneficio del proyecto en el último momento del flujo. Cuando se comparan proyectos con distintas vidas útiles, un procedimiento usualmente empleado es evaluarlos al plazo de término del que tiene la menor vida. El valor de desecho de los de mayor duración reflejará los beneficios que se podrían esperar después de ese plazo. Sin embargo, como se explica más adelante, existen varias opciones para calcular su valor, que se deberán aplicar de acuerdo con las características particulares de los proyectos que se comparan.

La tercera y última etapa después de la formulación y la preparación es la evaluación o cálculo de la rentabilidad de la inversión, que puede expresarse de diferentes maneras: en unidades monetarias, como un porcentaje, una relación o un índice, o como el tiempo que demora la recuperación de la inversión.

La evaluación del proyecto, cualquiera que sea el método usado, considera, para calcular la rentabilidad de la inversión, la ocurrencia de hechos futuros y estima los costos y beneficios futuros en uno solo de entre muchos escenarios posibles. Sin embargo, dada la imposibilidad de prever con exactitud el comportamiento de las variables que condicionan la rentabilidad calculada, es conveniente agregar información que contribuya a tomar la decisión por parte de agentes involucrados tan diferentes como el inversionista que arriesga su capital, el financista que presta recursos y el gerente o el ejecutivo que administran recursos de accionistas, entre muchos otros. Cada uno de estos agentes observa el resultado del estudio de proyectos desde muy diversas perspectivas, por cuanto entre ellos hay expectativas, grados de aversión al riesgo e informaciones distintas que obligan a buscar una solución que satisfaga los requerimientos de todos ellos.

Existen principalmente tres elementos que explican el fracaso de algunos proyectos:

1. La imposibilidad de la predicción perfecta que debe intentar hacer el evaluador sobre cada uno de los componentes de sus beneficios y costos. Por ejemplo, en lo que se refiere a los futuros cambios tecnológicos, climáticos, políticos y en las normas legales, o a la aparición de situaciones de conflicto internacional que modifiquen el precio del petróleo.

2. La no participación del evaluador en la administración del proyecto, que puede ser enfrentada con estrategias de negocios diferentes de las previstas o con reacciones a cambios, por parte de la gerencia, de distinta forma que la prevista en cualquier análisis de sensibilidad.

3. Los errores conceptuales en que incurren algunos evaluadores, ya sea por desconocimiento del instrumental teórico o por considerar solamente algunas opciones metodológicas que ofrece el marco conceptual disponible.

Esto último es lo que se pretende evitar con el estudio de este texto. El objetivo es conocer, entender, aplicar, adaptar, interpretar, validar y explicar cada modelo en función de las características propias de la inversión que se evalúa, para evitar los errores atribuibles al evaluador.

Considerando que la evaluación mide la rentabilidad de la inversión para solo uno de tantos escenarios posibles, esta etapa debe incluir un análisis adicional: la sensibilización de los resultados, la medición del riesgo y el análisis de opciones para su mitigación.

En general, los modelos de sensibilización muestran el grado de variabilidad que puede exhibir o resistir, dependiendo del modelo utilizado, uno o más de los componentes del flujo de caja. La teoría ofrece, a este respecto, dos modelos distintos para efectuar el análisis de sensibilidad: uno que calcula qué pasa con la rentabilidad del proyecto si cambia el valor de una o más variables incluidas en la proyección (una variación de este modelo mide la rentabilidad en tres escenarios distintos: el normal, que corresponde al flujo original del proyecto, uno optimista y otro pesimista); y otro modelo que busca determinar hasta dónde resistiría un proyecto que modifique el valor de esa variable[8], es decir, el punto límite para que se obtenga únicamente la rentabilidad deseada después de recuperar la inversión.

Cuando existen restricciones de recursos para poder implementar todos los proyectos que cumplieron con los requisitos de elegibilidad, se incorporan instrumentos complementarios, como el IVAN[9], para determinar la combinación óptima de proyectos que se seleccionarán o para recurrir al uso de la función **Solver** de una planilla electrónica de cálculo como Excel. Cuando se busca optimizar la decisión, como por ejemplo respecto del momento óptimo de iniciar la ejecución del proyecto, se recurre a otros instrumentos, tales como la rentabilidad inmediata[10].

Cuando las variables que determinan la rentabilidad tienen un comportamiento probabilístico, el resultado de la evaluación presenta condiciones de riesgo. Por ejemplo, la cantidad de personas que asisten la noche de un viernes a un restaurante o la frecuencia de falla de una máquina tienen una historia que permite graficar una distribución estadística. Cuando esas variables no muestran un comportamiento probabilístico (como un cambio en las condiciones políticas en el principal país comprador), el resultado presenta condiciones de incertidumbre. En este caso, se aplican los modelos de sensibilidad; en el anterior –condiciones de riesgo–, además de los dos modelos de sensibilización (no son excluyentes), se puede medir cuantitativamente el riesgo.

---

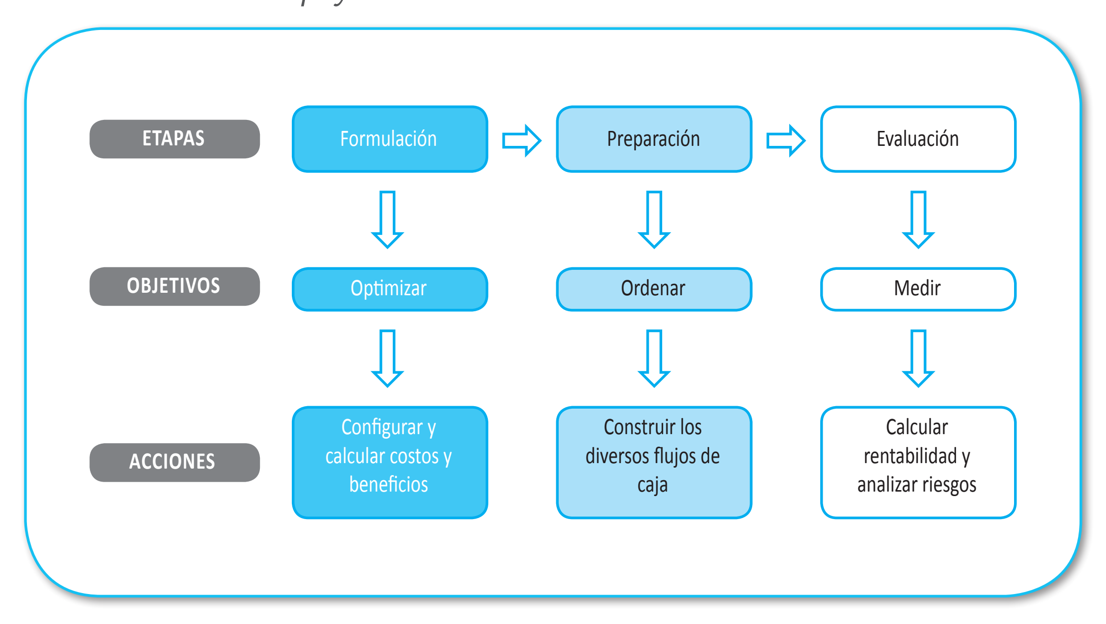
8 El desarrollo de este modelo se explica detalladamente en el Capítulo 9.

9 Como se expondrá más adelante, el índice de valor actual neto (IVAN) mide cuánto aporta de VAN cada peso invertido en un proyecto y no siempre determina la combinación óptima.

10 En el Capítulo 11, se analizan detalladamente los criterios de optimización de proyectos.

Cada etapa, en consecuencia, tiene sus propios objetivos y acciones específicos, tal como lo muestra la Figura 1.4. Un error en cualquiera de ellas puede hacer que se acepte un mal proyecto o se rechace uno bueno.

Figura 1.4
Proceso de estudio de un proyecto



Frente a la imposibilidad de disponer de técnicas que aseguren la predicción perfecta, y la de transformar este texto en uno de administración de proyectos, se profundizan los análisis de opciones conceptuales para solucionar los problemas de cálculo de la rentabilidad y el análisis optimizante de proyectos.

La evaluación de proyectos, desde la perspectiva de este texto, no será tratada como un instrumento de decisión, donde el resultado positivo haga recomendar la implementación del proyecto, y el negativo, su rechazo. El estudio de proyectos será considerado como un instrumento que provee información para ayudar a la toma de una decisión de inversión, ya que los elementos que influirán en ella serán de muy distinta índole, como por ejemplo razones políticas, humanitarias, de seguridad nacional, de imagen corporativa o de estrategias competitivas.

Preguntas y problemas

1.1 Analice el concepto de proyectos dependientes y sus efectos sinérgico y entrópico.

1.2 Describa en qué consisten los proyectos independientes y mencione al menos cuatro ejemplos de ellos.

1.3 Describa el concepto de inversiones mutuamente excluyentes y enuncie cuatro ejemplos de ellas.

1.4 Describa las formas de clasificar los proyectos en función de la finalidad del estudio y explique qué información entrega cada una de ellas.

1.5 Describa cómo se clasifican los proyectos en función del objeto de la inversión.

1.6 Defina los cinco tipos clásicos de proyectos en empresas en marcha y dé un ejemplo de cada uno de ellos.

1.7 Describa los cuatro componentes básicos en el proceso de tomar una decisión de inversión.

1.8 Enuncie y explique los distintos estudios de viabilidad de un proyecto.

1.9 Explique los conceptos de relevancia y temporalidad en el análisis de una idea de proyectos.

1.10 Defina las diferentes formas que puede seguir la estrategia de penetración de un nuevo proyecto en el mercado.

1.11 Explique detalladamente las etapas de formulación, preparación y evaluación de un proyecto.

1.12 Explique la diferencia entre enfrentar condiciones de riesgo y condiciones de incertidumbre.

1.13 Hace un año, un matrimonio compró un negocio en $12.000, adquisición que financió en 60% con un préstamo al 11% de interés anual. Al fallecer los esposos en un accidente ferroviario, los hijos deciden vender el negocio, pagar la deuda con el banco (que se mantiene en su totalidad), pagar los gastos financieros generados en el año y repartirse el dinero sobrante. Si la empresa se puede vender en $13.560, ¿cuánto rentó porcentualmente el negocio y cuánto, los recursos propios invertidos en él por el matrimonio?, ¿qué rentabilidad porcentual obtendrían los recursos propios si el negocio se vendiese en $13.272?

1.14 La evaluación de un proyecto permite concluir que si se invierten $6.000 en adquirir un nuevo negocio, se obtendría una renta, al cabo de un año, de $1.800 después de pagar todos los costos de funcionamiento y los gastos financieros al banco que prestará 50% de los recursos necesarios para la compra del negocio. Se estima que, después de un año, el negocio tendría un valor de $5.000. Si usted fuese el inversionista y exigiese 10% de retorno a los proyectos como mínimo para ser aceptados, ¿invertiría en este? Y si usted estuviese trabajando en el banco, ¿prestaría los recursos solicitados a un año de plazo?

1.15 Suponga que un proyecto a un año de plazo se puede ejecutar solo si se invierten hoy $20.000. ¿Qué rentabilidad debería tener el total de lo invertido si 60% de ella se puede financiar con un préstamo bancario al 10% anual de interés y el inversionista le exige un retorno de 20% al capital propio?

1.16 Calcule la tasa máxima de interés a la que puede endeudarse una persona que desea hacer un negocio con una rentabilidad de 12% a un año de plazo, si ella puede aportar 50% del total invertido al que le exige una rentabilidad anual del 18% (no se requiere más información).

1.17 Determine la rentabilidad que debería alcanzar una inversión a un año de plazo para que los recursos propios (25% del total) logren una rentabilidad de 20% anual, y si el banco cobra un 14% anual por el préstamo (no se requiere más información).

1.18 Si la rentabilidad de un proyecto a un año de plazo se estima en 15% y si un banco prestará 80% del total de la inversión a una tasa anual de interés de 8%, calcule en cuántos puntos porcentuales caería la rentabilidad del inversionista por cada punto porcentual que caiga la rentabilidad del proyecto (no se requiere más información).

Capítulo

2

Estudio del mercado

La economía es la ciencia que estudia el mercado con objeto de elegir la mejor forma de asignar recursos limitados a la producción de bienes y servicios que satisfagan las necesidades y los deseos ilimitados de los individuos y las empresas. Para decidir respecto de la mejor opción de inversión, la empresa debe investigar las relaciones económicas actuales y sus tendencias, y proyectar el comportamiento futuro de los agentes económicos que se relacionan con su mercado particular.

En este capítulo, se estudian las relaciones entre los agentes económicos del mercado y la forma de interpretar y predecir sus comportamientos.

El problema económico existe porque los recursos disponibles son insuficientes para atender las múltiples necesidades y deseos de las personas. El capital, la fuerza de trabajo y los insumos productivos serán siempre escasos para satisfacer todos los requerimientos de consumo de bienes y servicios de la población.

Igual que una persona o familia debe tomar permanentemente decisiones respecto de en qué usar su tiempo o gastar su dinero, los inversionistas deben decidir qué opción implementar con los recursos de que disponen.

La escasez de un determinado recurso explica el precio que el mercado le asigna. El mercado es donde se realiza el intercambio de recursos (transacciones) de bienes y servicios por dinero u otros bienes o servicios. Cuando los productores identifican lo que el cliente desea, se estimulan para fabricarlo, dado que esperan transarlo por dinero.

Un número pequeño de productores o clientes puede influir significativamente sobre los precios en que se transan los bienes en el mercado. Sin embargo, cuando existe una gran cantidad de ambos, las acciones de unos u otros difícilmente podrán modificar el precio observado. Por ejemplo, un aumento insignificante en la producción de queso no hará variar los precios en el mercado, así como tampoco cuando una familia decide comprar menos queso al salir de vacaciones. Cuando existen muchos oferentes y compradores que no pueden afectar los equilibrios de mercado, se está en presencia de un mercado competitivo.

2.1 Comportamiento económico del mercado del proyecto

Los principales aspectos económicos que explican el comportamiento de los mercados vinculados con el proyecto de inversión que se evalúa corresponden al comportamiento de la demanda, de la oferta y de los costos, y a la maximización de los beneficios.

2.1.1 Comportamiento de la demanda

La búsqueda de satisfactores de un requerimiento o necesidad que realizan los consumidores, aunque sujeta a diversas restricciones, se conoce como demanda del mercado. Los bienes y servicios que los productores libremente desean ofertar para responder a esta demanda se denominan oferta del mercado. En el mercado, donde se vinculan esta oferta y esta demanda, se determina un equilibrio de mercado, representado por una relación entre un precio y una cantidad que motiva a los productores a fabricarla y a los consumidores a adquirirla.

La satisfacción de las necesidades de los clientes debe tener en cuenta la existencia de los ingresos como un recurso escaso. Por ello, el cliente buscará distribuir sus ingresos entre todas sus necesidades: vestuario, alimentación, vivienda, salud, viajes, entretenimiento, etcétera. Como es fácil apreciar, el cliente puede ser un individuo, una empresa o, incluso, un país. Todos ellos toman constantemente decisiones acerca de cómo asignar sus recursos, basándose en la prioridad que den a sus necesidades. Estas no son permanentes y cambian con la edad de las personas, su nivel de educación, su riqueza, los estímulos de la publicidad o las presiones de su grupo.

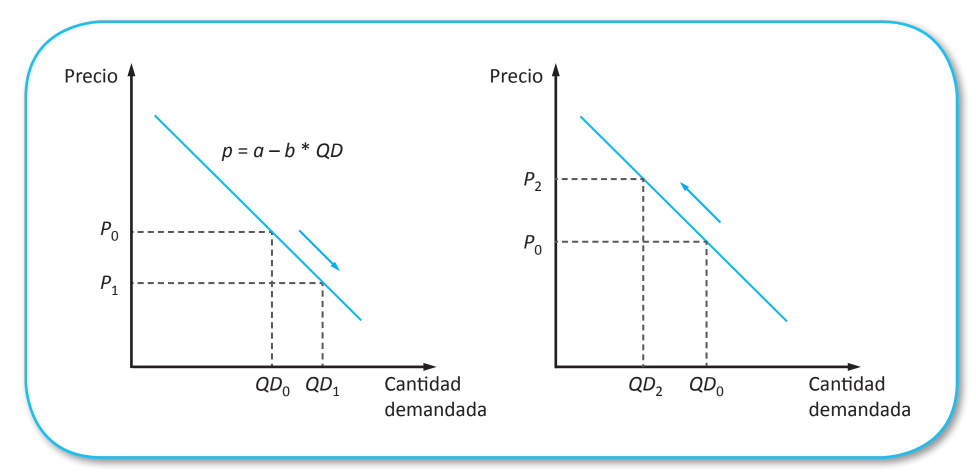
Debido a la multiplicidad de necesidades y a la limitación de recursos para poder satisfacer todas, el consumidor las jerarquiza definiendo una relación entre la cantidad que está dispuesto a comprar y los diferentes niveles de precio que podría asumir. Esta cantidad, conocida como cantidad demandada, representa cuánto el consumidor está dispuesto a adquirir de un producto, dado un precio determinado, y no lo que desearía

comprar. Al subir el precio, los consumidores tienden a disminuir la cantidad demandada de ese producto, si el resto de las variables permanece constante. La relación entre precio y cantidad demandada indica que al variar el precio hay aumentos o disminuciones sobre la cantidad demandada, los que corresponden a desplazamientos sobre la misma curva.

La relación entre el precio y la cantidad demandada se puede observar en el Gráfico 2.1.



Gráfico 2.1
Comportamiento de la cantidad demandada frente a cambios en el precio



En el gráfico de la izquierda, se observa que si el precio original (P_0) baja a P_1, la cantidad demandada original (QD_0) aumenta a QD_1. El gráfico de la derecha muestra que, al subir el precio de P_0 a P_2, la cantidad demandada cae de QD_0 a QD_2.

Como se verá con detalle en el Capítulo 3, la función lineal graficada, que asume la forma de cualquier función lineal, o sea, $Y = a + bx$, se puede determinar de diversas maneras. Para los efectos de este capítulo, se trabajará solo con la función lineal para graficar los diferentes conceptos, aunque en el Capítulo 3 se explica que puede asumir diferentes formas y cómo estimarlas. Más adelante, en dicho capítulo, se muestra cómo obtener la información para determinar la curva.

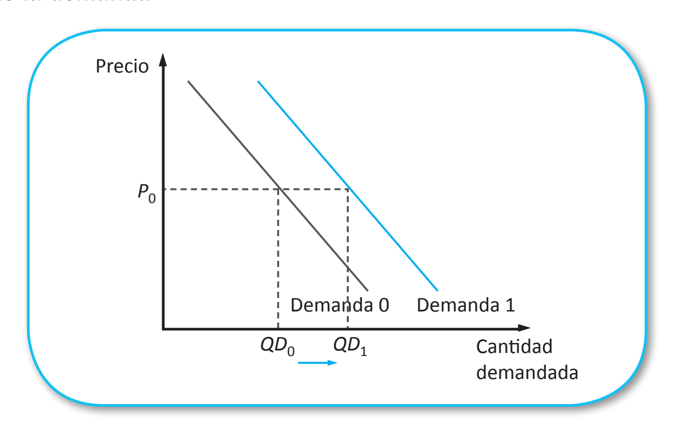
Cuando se considera solo la variación en los precios, el comportamiento del consumidor se mueve sobre la curva de la cantidad demandada. Sin embargo, el comportamiento de la demanda se ve también afectado por otras variables, entre las que se pueden mencionar las siguientes.

- **Ingreso de los consumidores:** al aumentar el ingreso de las personas, la tendencia a comprar puede aumentar (se denomina bien normal) o disminuir (bien inferior), como por ejemplo aquellos bienes a los que se accede solo porque no se dispone de recursos suficientes para adquirir el que realmente se desea, lo que sí se logra con un mayor ingreso.

- **Cantidad de consumidores:** al variar la población del mercado, se modifica la capacidad de consumo reflejando un cambio en la demanda en el mismo sentido en que lo hace la población.
- **Precio de los bienes complementarios:** al variar el precio de un bien complementario, la demanda por el producto se modifica en sentido contrario. Dos productos son complementarios cuando el consumo de uno condiciona el consumo del otro. Aunque no se modifique el precio del producto que se elaborará en el proyecto, su demanda caerá si sube el precio del bien complementario. Por ejemplo, si sube el precio de las entradas, algunas personas dejarán de asistir al cine y, en consecuencia, demandarán menos palomitas de maíz aunque estas no cambien de precio.
- **Precio de los bienes sustitutos:** al variar el precio de un bien sustituto, se modifica la demanda del producto del proyecto en el mismo sentido que la variación del precio. Por ejemplo, si el precio de un producto sustituto cae, el consumidor trasladará su consumo a aquel, dado que le permite disponer del ingreso ahorrado para satisfacer otras necesidades o deseos, en desmedro del proyecto.
- **Gustos y preferencias:** personas que manifiesten diferentes intereses o preferencias sobre un mismo producto, aun teniendo el mismo ingreso, demandarán más o menos de él, según sus gustos, a un mismo precio. Por ejemplo, acompañar las comidas con una copa de vino o una gaseosa.
- **Expectativas:** el nivel de expectativas sobre variaciones de precios o cambios en los atributos de un producto, por las constantes innovaciones tecnológicas, puede hacer que un consumidor adelante o posponga compras respecto de otro.

La variación de cualquiera de estos factores hará que, aun manteniéndose un precio, la demanda cambie. Mientras que el cambio en el precio muestra la variación de la cantidad demandada dentro de la curva de demanda, la modificación de cualquier otro factor hará que la curva completa se desplace, como se ejemplifica en el Gráfico 2.2.

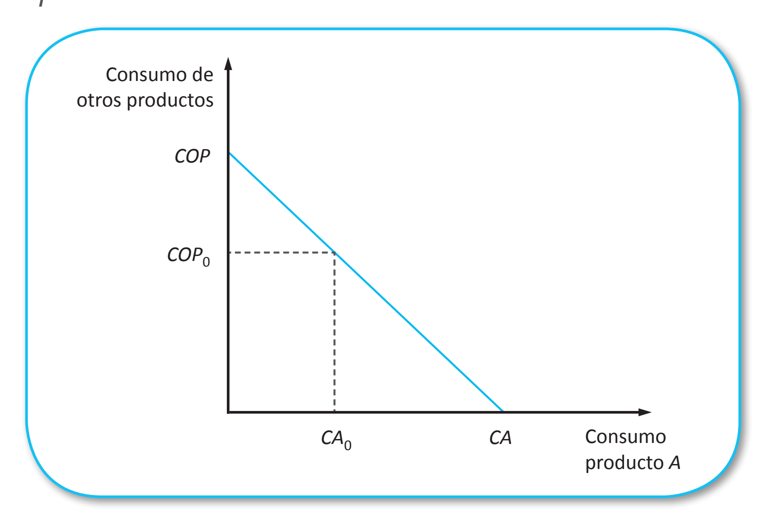
Gráfico 2.2
Desplazamiento de la demanda



Si, por ejemplo, los ingresos reales de las personas aumentan, ellas tendrán la capacidad para incrementar su consumo de QD_0 a QD_1, aunque el precio se mantenga en P_0. El mayor ingreso desplaza la demanda hacia la derecha.

Los consumidores asignan sus recursos (ingresos) limitados entre todos los bienes o servicios disponibles en el mercado. La limitación de sus recursos se denomina restricción presupuestaria, porque restringe sus posibilidades de consumo frente a los precios vigentes. Obviamente, cuando el ingreso o los precios cambian, la capacidad de consumo también varía. Por ejemplo, si el precio de un bien disminuye, los recursos ahorrados pueden ser ocupados en adquirir más de ese bien o destinarlo al consumo de otro producto o servicio. El Gráfico 2.3 representa las opciones de compra con restricción presupuestaria.

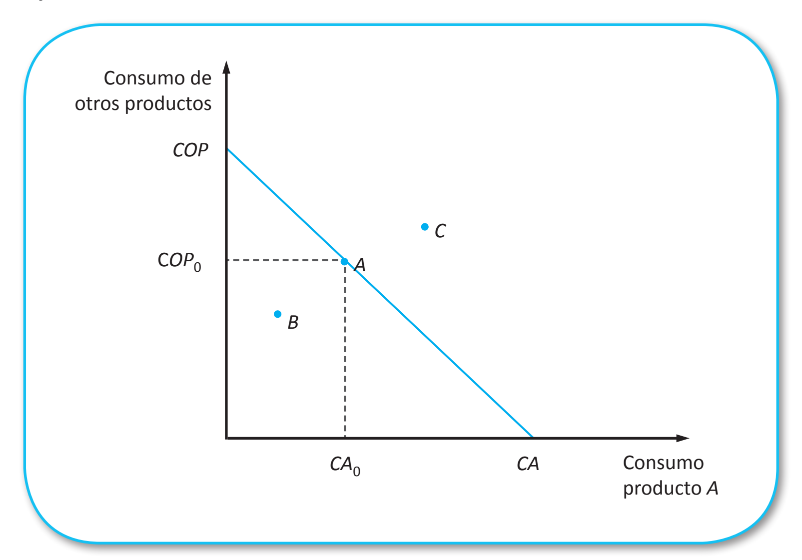
Gráfico 2.3
Restricción presupuestaria



Con los recursos disponibles, el consumidor puede adquirir hasta *CA* unidades del producto *A* si destina la totalidad de los recursos a esta única compra, o *COP* si los destina todos al consumo de otros productos. La línea recta muestra las combinaciones posibles si distribuye sus ingresos entre ellos; por ejemplo, si consume solo CA_0 unidades de *A*, puede consumir COP_1 unidades de otros productos.

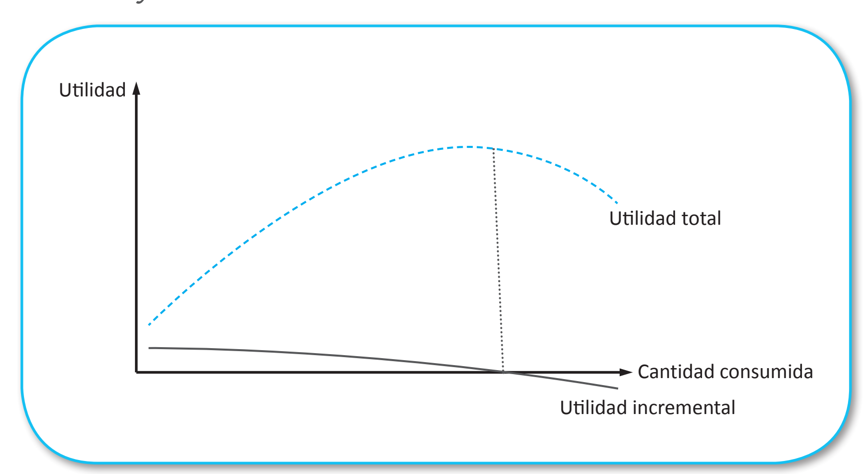
Cada consumidor tiene preferencias diferenciadas que hacen que sus posibilidades de consumo sean priorizadas de diferente forma, de acuerdo con la utilidad que les asigne a las diversas combinaciones de consumo. Si en el Gráfico 2.4 la combinación que le otorga más satisfacción es *A*, cualquier combinación sobre la línea le da menos satisfacción. Por lo mismo, si consumiese cualquier combinación bajo la línea (*B*, por ejemplo), obtendría menos satisfacción que la que podría alcanzar con el uso de todos sus recursos, y, aunque cualquiera sobre la línea (*C*, por ejemplo) le proporcionaría más satisfacción, no puede adquirirla por la falta de recursos.

Gráfico 2.4
Niveles de satisfacción con restricción de recursos



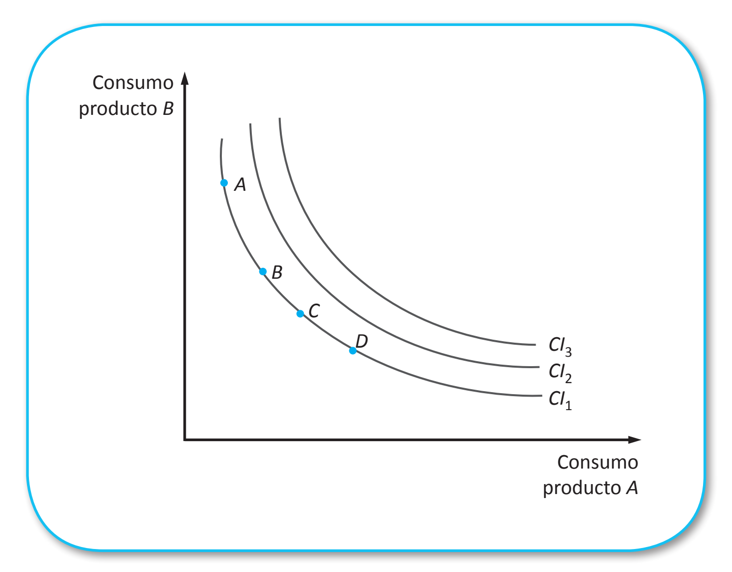
La utilidad que reporta cada unidad consumida de *A*, sin embargo, no es constante y se modifica de acuerdo con las cantidades ya consumidas. Por ejemplo, a una persona con hambre el primer plato de comida le reporta una enorme satisfacción, el segundo, un poco menos, y así sucesivamente. En otras palabras, el nivel de satisfacción tiende a disminuir al aumentar el consumo de un mismo bien. A esto se lo denomina utilidad marginal decreciente. La máxima satisfacción se logra cuando la utilidad incremental es 0, lo que se denomina punto de saciedad. Consumir sobre ese punto produce insatisfacción, haciendo disminuir la utilidad total. El Gráfico 2.5 representa esta situación.

Gráfico 2.5
Utilidad incremental y total



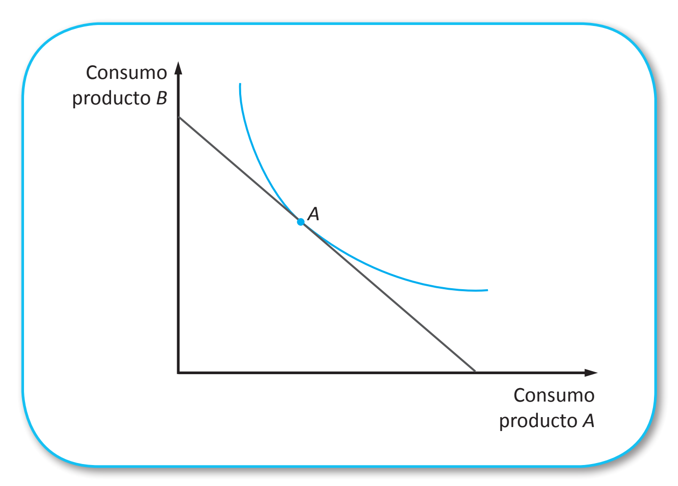
Si no hay restricción presupuestaria, es posible identificar diferentes canastas de consumo que son indiferentes en términos de la utilidad que reportan. Esto da origen a las curvas de indiferencia. Cada curva de indiferencia puede asumir diferentes formas, aunque en este texto se utilizará la más común para explicar el concepto. En el Gráfico 2.6, se exhiben tres curvas de indiferencia, de infinitas posibles. Cualquier combinación dentro de cada curva proporciona la misma satisfacción o utilidad.

Gráfico 2.6
Curvas de indiferencia



Dentro de cada curva, la persona es indiferente entre combinaciones de consumo. Es decir, muestra cuántas unidades menos estaría dispuesta a consumir de un producto para poder consumir más de otro. Esto se conoce como tasa marginal de sustitución. Si sus recursos fuesen ilimitados, la tendencia sería consumir lo más posible de ambos productos. Pero como sus recursos son escasos, debe buscar la combinación que le entregue la máxima utilidad. Al combinar las curvas de indiferencia con la de restricción de recursos, esta situación se encuentra donde se encuentre la curva de indiferencia más alta dentro de la restricción presupuestaria, tal como se muestra en el Gráfico 2.7.

Gráfico 2.7
Maximización de la utilidad de consumo con restricción de recursos



Un estimador de cuánto cambia la cantidad demandada cuando se modifica cualquiera de los factores que la condicionan se denomina elasticidad.

Una medida cuantitativa del cambio en la función de demanda es un difícil indicador de su magnitud. Para medir el impacto de una variación en el precio sobre la cantidad demandada, la elasticidad es un indicador del cambio relativo que genera. Los tres principales indicadores en evaluación de un proyecto son la elasticidad precio, la elasticidad ingreso y la elasticidad cruzada.

La elasticidad precio mide en cuánto cambia proporcionalmente la cantidad demandada ante un cambio porcentual en los precios y se calcula por la Ecuación 2.1.

$$\varepsilon = \frac{\frac{\Delta QD}{QD}}{\frac{\Delta P}{P}} \tag{2.1}$$

Donde ε es la elasticidad precio; ΔQD, la variación en la cantidad demandada; QD, la cantidad demandada original; ΔP, la variación en el precio, y P, el precio original.

Normalmente, el resultado dará un número negativo puesto que, en la mayoría de los casos, un aumento de los precios hará disminuir su cantidad demandada. Al expresar la elasticidad en términos absolutos, pueden observarse tres resultados posibles.

1. **Demanda elástica:** cuando la elasticidad es mayor que 1, es decir, cuando el cambio porcentual en el consumo es mayor que la variación porcentual del precio.

2. **Demanda inelástica:** cuando la elasticidad es menor que 1, es decir, cuando el cambio en el consumo es poco sensible ante cambios en el precio.

3. **Elasticidad unitaria:** cuando el cambio porcentual en la cantidad demandada es igual al cambio porcentual en el precio.

Conceptualmente, se establecen dos posibilidades más: la demanda perfectamente elástica, cuando el resultado es infinito (es decir, cuando frente a una disminución infinitesimal en el precio, el aumento en la cantidad demandada tiende a infinito), y la demanda perfectamente inelástica, cuando su valor es 0 (es decir, cuando no cambia, cualquiera que sea la variación en el precio).

Ejemplo 2.1

Un supermercado que vende mensualmente 100 bolsas de salmón ahumado sellado al vacío, a $4 la unidad, quiere ver el impacto sobre las ventas que tendría subir el precio a $5. Para ello, observa la variación de los inventarios después de 30 días con el nuevo precio, y encuentra que las ventas cayeron a 800 unidades.

Al reemplazar estos valores en la ecuación anterior, se obtiene el siguiente resultado.

$$\varepsilon = \frac{\frac{800 - 1.000}{1.000}}{\frac{5 - 4}{4}} = -\frac{0{,}20}{0{,}25} = 0{,}8$$

En este caso, la demanda es inelástica, ya que cambia en menor proporción que un aumento en los precios.

La elasticidad ingreso, en tanto, mide en cuánto cambia proporcionalmente la cantidad demandada por cada punto porcentual que se modifique el ingreso de las personas, y se calcula por la Ecuación 2.2.

$$\eta = \frac{\frac{\Delta QD}{QD}}{\frac{\Delta Y}{Y}} \qquad (2.2)$$

Donde η es la elasticidad ingreso; ΔY, la variación en el ingreso, e Y, el ingreso original.

Igual que en el caso de la elasticidad precio, hay tres resultados posibles.

1. **Demanda elástica:** cuando la elasticidad ingreso es mayor que 1, es decir, cuando el cambio porcentual en el consumo es mayor que la variación porcentual de los ingresos. En este caso, el bien se denomina normal.

2. **Demanda inelástica:** cuando la elasticidad ingreso está entre 0 y 1, es decir, cuando el cambio en el consumo cambia proporcionalmente menos que los ingresos.

3. **Elasticidad ingreso negativa:** cuando el resultado es menor que 0, es decir, cuando la cantidad demandada disminuye al aumentar el ingreso. En este caso, el bien se denomina inferior.

Ejemplo 2.2

Cuando los trabajadores del cobre recibieron un incremento de 6% en sus remuneraciones reales (por sobreinflación), las ventas de motocicletas disminuyeron de 600 a 510 unidades anuales, ya que los trabajadores optaron por comprar un automóvil a crédito.

Al reemplazar estos valores en la ecuación anterior, se obtiene el siguiente resultado.

$$\eta = \frac{\frac{516-600}{600}}{\frac{106-100}{100}} = \frac{0,15}{0,06} = -2,5$$

En este caso, la demanda ingreso por motocicletas es negativa, ya que sus ventas disminuyen cuando las personas obtienen un aumento en sus ingresos.

Por último, la elasticidad cruzada mide en cuánto cambia porcentualmente la cantidad demandada del bien 1 (QD_1), por cada punto porcentual que se modifique el precio del bien 2 (P_2), y se calcula por la Ecuación 2.3.

$$\varepsilon_{1,2} = \frac{\frac{\Delta QD_1}{QD_1}}{\frac{\Delta P_2}{P_2}} \qquad (2.3)$$

Donde $\varepsilon_{1,2}$ es la elasticidad cruzada.

En este caso, el resultado negativo indicará que la relación entre el bien 1 y el 2 es complementaria. Es decir, si sube el precio del bien 2, la capacidad de compra de ese bien disminuye y, por lo tanto, baja la cantidad demandada del bien 1. Como ya se explicó, si sube el precio de las entradas al cine, baja la demanda por palomitas de maíz en el interior del cine al bajar la asistencia.

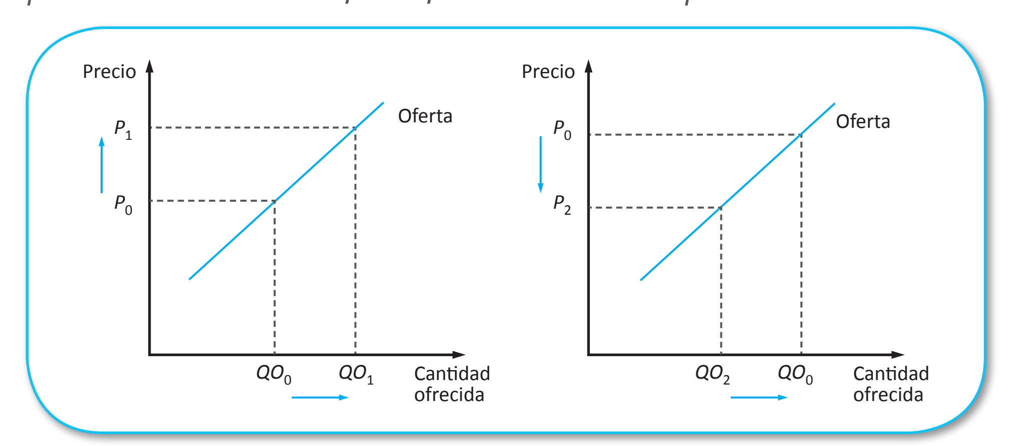
Cuando el resultado es positivo, los bienes son sustitutos, ya que al subir el precio del producto 2, las personas consumen más del producto 1.

2.1.2 Comportamiento de la oferta

Mientras que la demanda del mercado estudia el comportamiento de los consumidores, la oferta del mercado corresponde a la conducta de los empresarios, es decir, a la relación entre la cantidad ofertada de un producto y su precio de transacción. Otros elementos que condicionan la oferta son el costo de producción del bien o servicio, el grado de flexibilidad en la producción que tenga la tecnología, las expectativas de los productores, la cantidad de empresas en el sector, el precio de bienes relacionados y la capacidad adquisitiva de los consumidores, entre otros.

Al igual que la cantidad demandada mostraba los cambios en el consumo dentro de la curva de demanda, la cantidad ofrecida muestra los cambios en la oferta dentro de su curva correspondiente, lo que se observa en el Gráfico 2.8.

Gráfico 2.8
Comportamiento de la cantidad ofrecida frente a cambios en los precios



En el gráfico de la izquierda, se observa que si el precio original (P_0) sube a P_1, la cantidad ofrecida original (QO_0) aumenta a QO_1. El gráfico de la derecha muestra que, al bajar el precio de P_0 a P_2, la cantidad ofrecida cae de QO_0 a QO_2.

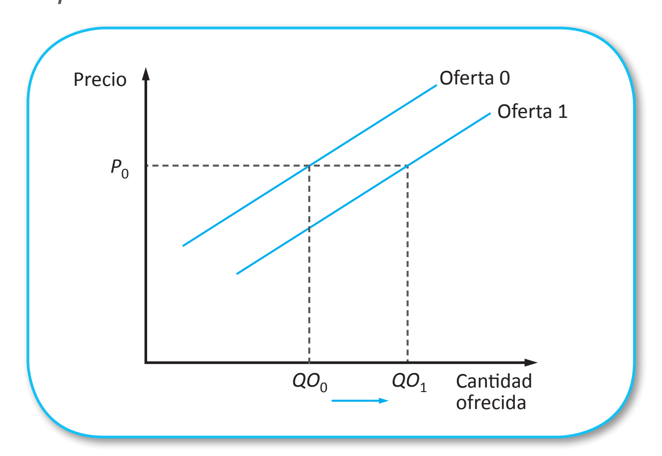
Cuando se considera solo la variación en los precios, el comportamiento del productor se mueve sobre la curva de la cantidad ofrecida. Cuando se modifica cualquiera de los elementos ya mencionados y desarrollados a continuación, es la curva completa de la oferta la que se desplaza.

- **Costos de producción:** si suben los costos de los factores de producción y el precio del producto se mantiene constante, baja el beneficio del fabricante y disminuye la oferta total, desplazando su curva hacia la izquierda. En caso contrario, aumenta, desplazando la curva hacia la derecha.

- **Flexibilidad de la tecnología:** acceder a nuevas tecnologías podría permitir producir la misma cantidad con menores recursos o en menor tiempo, lo que reduce los costos de producción, aumenta los beneficios y desplaza la curva de oferta hacia la derecha.
- **Expectativas:** si el productor espera que el precio de venta del bien que fabrica aumente a futuro o estima que la demanda podrá incrementarse, podría aumentar la producción por la expectativa de ganar más o para tener *stocks* suficientes para enfrentar el cambio en los niveles de demanda.
- **Cantidad de empresas:** al aumentar la cantidad de proveedores, la oferta del bien se incrementa, desplazando la curva hacia la derecha, pero al disminuir la cantidad de empresas competidoras de la industria, la oferta disminuye, desplazando la curva hacia la izquierda.
- **Precios de los bienes relacionados:** cuando los bienes son sustitutos, un aumento en los precios del otro bien puede conducir a un aumento en la oferta del producto del proyecto si la demanda se traslada hacia el proyecto. Si son complementarios, un aumento en el precio del otro bien hará bajar su demanda y, en consecuencia, la del producto del proyecto, desincentivando su producción y desplazando la curva hacia la izquierda.

La variación de cualquiera de estos factores hará que la oferta cambie, aun manteniéndose un precio, tal como se ejemplifica en el Gráfico 2.9.

Gráfico 2.9
Desplazamiento de la oferta



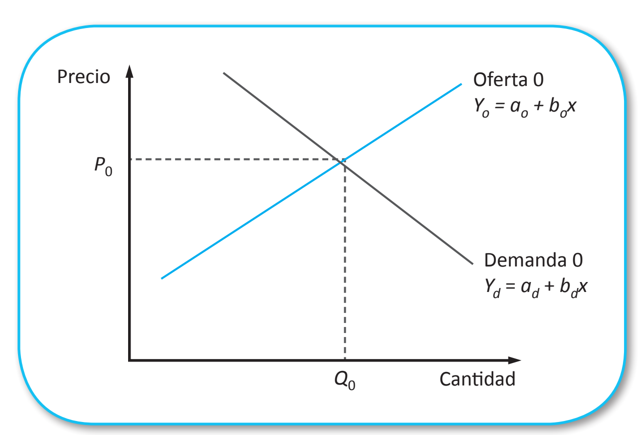
Si, por ejemplo, el costo de los insumos baja, dado que el precio se mantiene en P_0, el mayor beneficio esperado motiva a los productores, desplazando la oferta hacia la derecha.

Para dimensionar el comportamiento de la oferta, también se puede recurrir al análisis de su elasticidad. Similar al caso de la demanda, la elasticidad precio de la oferta mide en cuánto cambia porcentualmente la cantidad ofrecida ante una variación porcentual en el precio de venta. Dependiendo del resultado, se puede clasificar como elástica, inelástica o unitaria, y, en los extremos, como perfectamente elástica y perfectamente inelástica.

La formación de precios en competencia perfecta se regula por la oferta y la demanda, suponiendo que ambas representan los intereses de productores y consumidores, respectivamente. En dicha competencia perfecta, los primeros buscan obtener la máxima utilidad en la venta, y los segundos, obtener la máxima satisfacción a sus necesidades. El precio en el mercado de competencia perfecta se conoce como precio de equilibrio y corresponde a aquel que iguala oferta con demanda[1].

El punto donde se igualan ambas curvas, representadas en el Gráfico 2.10, muestra el precio al que coincide la cantidad ofrecida con la cantidad demandada. Sobre ese precio, la cantidad demandada no será suficiente para adquirir toda la producción disponible, y bajo él, será la oferta la insuficiente para atender a toda la demanda.

Gráfico 2.10
Equilibrio de mercado



Las funciones de la demanda y la oferta, como se explicó antes, por ahora se supondrán lineales. Esto significa que, como tienen pendientes contrarias, las formas que asumen son:

$$Y_o = a_o + b_o x \tag{2.4}$$

1 En el mundo real, se observa que no existe la información perfecta y que hay barreras a la entrada de nuevos proyectos al mercado, entre otros factores, que hacen que los supuestos de competencia perfecta tengan el carácter de herramienta simplificadora del análisis del comportamiento de los mercados.

donde Y_o es la cantidad ofrecida; a_o, el precio al cual ningún productor está dispuesto a producir; b_o, el incremento necesario en el precio para inducir a producir una unidad más, y x, la cantidad;

y

$$Y_d = a_d - b_d x \tag{2.5}$$

donde Y_d es la cantidad demandada; a_d, el precio al cual ningún consumidor está dispuesto a comprar; b_d, el decrecimiento necesario en el precio para inducir a comprar una unidad más, y x, la cantidad.

Ejemplo 2.3

Los resultados de un estudio del comportamiento de la demanda ante cambios en los precios, observados durante tres meses en una cadena de supermercados, permitieron estimar estadísticamente la función:

$$P = 800 - 3Q$$

Es decir, a un precio de $800 nadie estará dispuesto a comprar. Al bajar el precio, la cantidad demandada aumenta. La pendiente de la curva (−3) indica la tasa a la que debe reducirse el precio para incrementar (en este caso) linealmente la cantidad demandada.

Encuestas con las empresas permitieron definir que a $300 ninguna empresa está dispuesta a producir y que aumentarían la cantidad ofrecida en una unidad por cada $2 que baje el precio. Esto se representa por la función:

$$P = 300 + 2Q$$

La cantidad de equilibrio es la que iguala ambas funciones, es decir:

$$800 - 3Q = 300 + 2Q$$
$$-5Q = -500$$
$$Q = 100$$

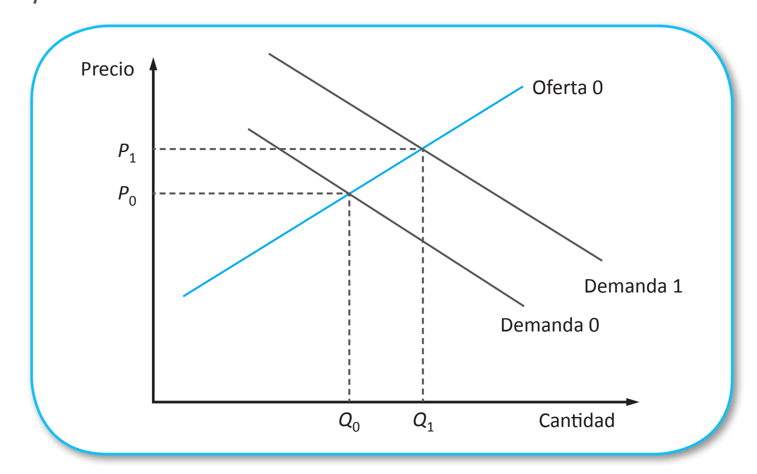
De lo que se deduce que:

$$P = 800 - 3(100)$$
$$P = 800 - 300$$
$$P = 500$$

Al modificarse cualquiera de las curvas, cambia el punto de equilibrio. Por ejemplo, ante un aumento en el ingreso de las personas, la curva de demanda se desplaza hacia la derecha, al aumentar la cantidad que los consumidores están en condiciones de comprar

y motivando, en consecuencia, a los productores a fabricar y ofrecer más, tal como se muestra en el Gráfico 2.11.

Gráfico 2.11
Cambio en los equilibrios de mercado



El precio de equilibrio se altera cuando, por ejemplo, aumenta o disminuye la oferta y permanece constante la demanda, o viceversa.

De igual manera, el precio de equilibrio cambia cuando se modifican oferta y demanda conjuntamente pero en distinta magnitud.

2.1.3 Comportamiento de los costos

La forma más tradicional de clasificar los costos de operación de un proyecto es la que los diferencia entre costos fijos y variables. Los costos fijos totales son costos en que se deberá incurrir en un periodo determinado, independientemente del nivel de producción en la empresa (alquiler de bodegas, algunas remuneraciones, seguros de máquina, etc.).

Los costos variables totales son aquellos que dependen del nivel de producción (costo de los envases, mano de obra, materias primas, etc.). Como cada unidad adicional producida incrementa el costo variable total, a su variación se la denomina costo marginal. La suma de ambos costos dará el costo total del periodo.

Dentro de los límites de una capacidad dada de planta, la empresa podrá variar sus niveles de producción haciendo cambiar la cantidad de insumos ocupados y, por lo tanto, sus costos variables totales. Dentro de ciertos rangos, los costos fijos se mantendrán constantes, pero también podrán variar.

Los costos variables unitarios pueden cambiar por las economías o deseconomías de escala que se puedan generar con el proyecto, mientras que los costos fijos varían

por los factores de escala involucrados. Hay economías de escala cuando, por ejemplo, se logran descuentos en compras por volúmenes mayores, y deseconomías de escala cuando, por ejemplo, se debe recurrir a fuentes más lejanas de abastecimiento por un mayor volumen de operación, el pago de horas extras, etcétera.

Una forma de calcular los costos fijos y variables es mediante la cuantificación de ambos ítems de costos y de todos sus componentes para distintos niveles de producción.

Otra forma es determinarlos analizando el comportamiento histórico del costo total en relación con la producción observada. Para ello, se efectúa una regresión simple como la expuesta en el Capítulo 3.

Al disponerse de la información de las funciones de costos fijos, variables y totales, pueden derivarse de ella distintas funciones de costo unitario, como el costo fijo medio, el costo variable medio, el costo medio total y el costo marginal.

El costo fijo medio tiene una tendencia decreciente debido a que hay ítems que no se incrementan, dentro de determinados rangos, y que son prorrateados entre un mayor número de unidades. Se calcula por:

$$CFMe = \frac{CFT}{q} \tag{2.6}$$

Donde *CFMe* es el costo fijo medio; *CFT*, el costo fijo total, y *q*, las unidades producidas.

El costo variable medio representa el costo marginal de producir una unidad más. Cuando se producen economías de escala, este costo tiene un comportamiento decreciente, y cuando hay deseconomías de escala, es creciente. En un proyecto se pueden dar ambas simultáneamente, por lo que debe calcularse su promedio como muestra la Ecuación 2.7. Por ejemplo, al aumentar la producción de queso, se debe pagar más por el flete al tener que abastecerse en lugares más lejanos, pero, simultáneamente, el precio de los envases disminuye por los descuentos por volumen de los proveedores.

$$CVMe = \frac{CVT}{q} \tag{2.7}$$

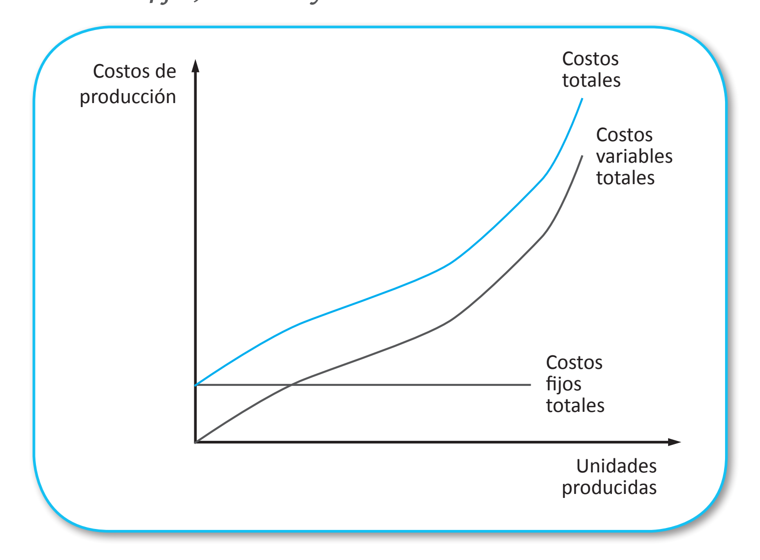
Donde *CVMe* es el costo variable medio; *CVT*, el costo variable total, y *q*, las unidades producidas.

La suma de ambos costos permite estimar el costo medio total (*CMeT*). La variación incremental de este de acuerdo con los mayores niveles de producción determina el costo marginal (*CMg*).

Un efecto directo sobre el comportamiento de los costos lo generan los rendimientos marginales crecientes o decrecientes. Los rendimientos marginales crecientes se observan en los niveles bajos de producción, cuando, al aumentar uno de los factores de producción (un trabajador más, por ejemplo), la cantidad marginal producida aumenta más que el producto marginal aportado por el trabajador anterior. Esto se debe, entre otras cosas, a la mayor productividad que se deriva de la división del trabajo y la mayor especialización que ello conlleva. Los rendimientos marginales decrecientes ocurren cuando, al aumentar un factor productivo (contratando un nuevo trabajador), la producción marginal crece en menor medida que al contratar al anterior. Esto se explicaría, por ejemplo, porque la limitación del capital empieza a generar tiempos ociosos de las personas, ineficiencias por falta de espacio, etcétera.

En el corto plazo, los costos fijos permanecen constantes en cualquier nivel de actividad dentro de las capacidades de la tecnología disponible. El costo variable total aumenta con la producción, pero a tasas distintas, como se muestra en el Gráfico 2.12.

Gráfico 2.12
Comportamiento de costos fijos, variables y totales



Ejemplo 2.4

Suponga que para fabricar un producto con la capacidad instalada actual se deben pagar costos fijos anuales que ascienden a $18.000. La producción máxima posible es de 170 unidades y en ella se ocupan insumos por $200 en cada una. Además, deberá pagarse a cada trabajador un costo anual de $800.

La producción esperada para la tecnología actual y sin inversiones de capital se muestra en las primeras dos columnas de la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 ***Relaciones de costos medios, marginales y rendimientos***

Trabajadores	Unidades producidas	*CFT* ($)	*CVT* ($)	*CT* ($)	*CMg* ($)	*CFMe* ($)	*CVMe* ($)	*CMeT* ($)
(por año)					(por unidad)			
0	0	$18.000		$18.000				
1	10	$18.000	$2.800	$20.800	$280	$1.800	$280	$2.080
2	22	$18.000	$6.000	$24.000	$267	$818	$273	$1.091
3	37	$18.000	$9.800	$27.800	$253	$486	$265	$751
4	55	$18.000	$14.200	$32.200	$244	$327	$258	$585
5	75	$18.000	$19.000	$37.000	$240	$240	$253	$493
6	93	$18.000	$23.400	$41.400	$244	$194	$252	$445
7	109	$18.000	$27.337	$45.337	$251	$166	$252	$417
8	123	$18.000	$30.937	$48.937	$257	$147	$252	$399
9	135	$18.000	$34.137	$52.137	$267	$134	$253	$387
10	145	$18.000	$37.000	$55.000	$278	$124	$255	$379
11	153	$18.000	$39.400	$57.400	$300	$118	$258	$375
12	159	$18.000	$41.400	$59.400	$333	$113	$260	$374
13	164	$18.000	$43.200	$61.200	$360	$110	$263	$373
14	167	$18.000	$44.600	$62.600	$467	$108	$267	$375
15	169	$18.000	$45.800	$63.800	$600	$107	$271	$378
16	170	$18.000	$46.800	$64.800				

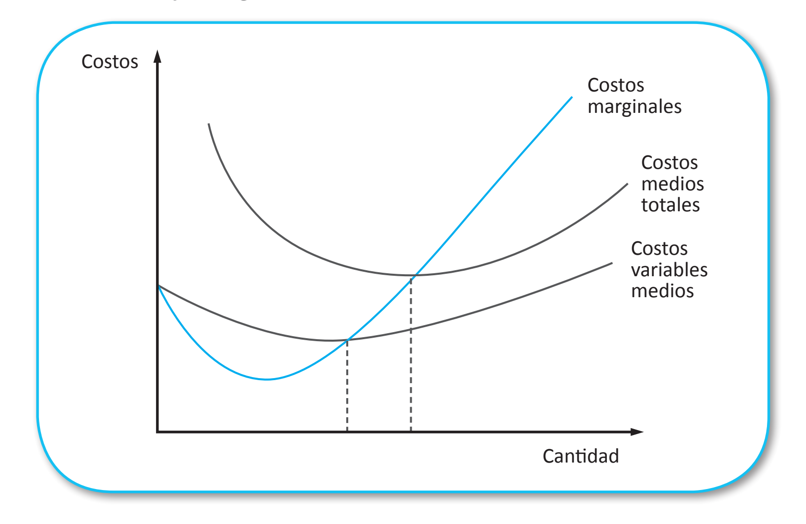
Como puede observarse, cada uno de los primeros cinco trabajadores aporta más que el anterior a la cantidad producida. El sexto, sin embargo, hace aumentar la producción en 18 unidades, en circunstancias en que el quinto las había incrementado en 20 respecto del cuarto.

También se puede apreciar que, así como el costo medio total más bajo coincide con el costo marginal al producir 164 unidades (si las unidades no se toman como números enteros, habrían sido iguales), el costo variable medio más bajo es igual al costo marginal (no coinciden porque se supuso producción con números enteros) en 109 unidades.

El costo fijo medio es elevado inicialmente porque se debe prorratear el costo fijo total entre muy pocas unidades. El costo fijo medio va disminuyendo a medida que el costo fijo total se distribuye entre más unidades. La curva de costo marginal corta en su punto más bajo a las curvas de costo medio total y costo variable medio. En el primer caso, esto se explica porque la presión hacia abajo del costo fijo medio es compensada por la presión creciente del costo variable medio. En el segundo caso, mientras el costo marginal sea menor que los costos medio total y variable medio, ejercerá una presión

hacia la baja en los costos, y cuando sea mayor, la presión será hacia el alza. Esto explica que el costo marginal se iguale con ellos cuando estos alcanzan un mínimo. El Gráfico 2.13 muestra las relaciones entre los costos medios y marginales.

Gráfico 2.13
Funciones de costos medios y marginales



2.1.4 Maximización de los beneficios

La empresa maximiza el beneficio neto total en el nivel de producción en el que la diferencia entre el ingreso total y el costo total se hace máxima. Desde la perspectiva del análisis marginal, esta producción se logra en el punto donde el ingreso marginal se iguala con el costo marginal. Sobre ese punto, la empresa podrá aumentar los ingresos totales, pero los costos de cada unidad adicional producida serán mayores que el ingreso que genere, por lo que la utilidad neta decrecerá.

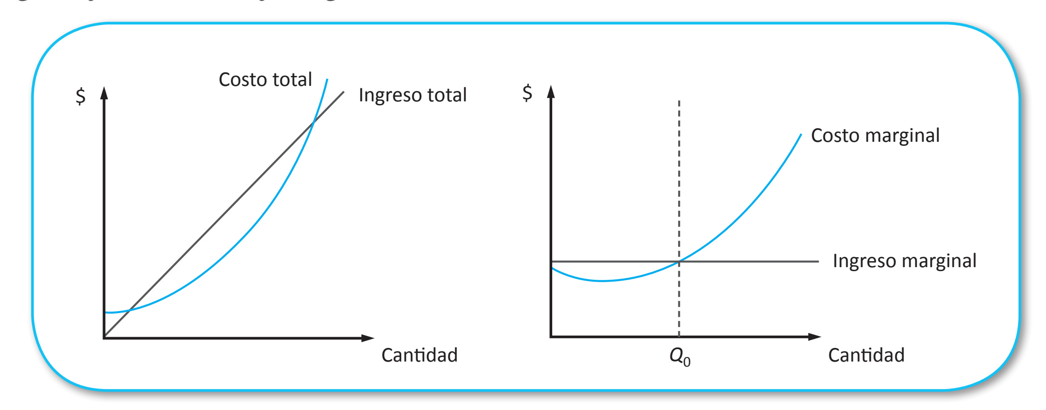
El volumen de producción óptima es el que maximiza el beneficio total de la empresa, es decir, cuando la diferencia entre ingresos totales y costos totales se hace máxima. El análisis marginal señala que, cuando la empresa puede aumentar la producción generando ingresos marginales superiores a los costos marginales, el beneficio total se incrementa al aumentar la producción y las ventas. En el nivel óptimo, el ingreso marginal se iguala con el costo marginal.

Teóricamente, el proyecto deberá definir el nivel de producción como aquel que maximiza su beneficio neto. Es decir, si al aumentar la producción, el costo marginal de cada unidad adicional es menor que su precio, aunque sea decreciente respecto de la anterior, aportará a incrementar el beneficio neto.

En el corto plazo, la empresa puede adaptar el nivel de producción dentro de una función de costo total de corto plazo. Sin embargo, en el largo plazo, la empresa

adecua su tecnología al nivel de producción más permanente. El comportamiento de las empresas en un mercado de libre competencia hará que se logre el equilibrio cuando el precio se iguale con el mínimo costo medio total. Esto, debido a que mientras se observe la posibilidad de obtener beneficios, nuevas empresas se incorporarán al mercado, aumentando la cantidad producida y ocasionando una disminución del precio hasta que el beneficio se hace 0.

Gráfico 2.14
Ingresos y costos totales y marginales



El Gráfico 2.14 muestra que, en cualquier cantidad bajo Q_0, el proyecto no estaría maximizando su beneficio neto total. Sobre ese nivel, si bien el ingreso total aumenta, los beneficios netos totales disminuyen porque el ingreso generado por cada unidad adicional (precio) es inferior al costo de producirla. Esto se confirma al observar el comportamiento de los costos e ingresos totales.

De acuerdo con el Gráfico 2.14, el costo medio total se hace mínimo en el punto donde se iguala con el costo marginal. Como el beneficio se maximiza donde el ingreso marginal es igual al costo marginal y considerando que la empresa debe enfrentar una estructura de costos fijos, dentro de rangos de producción siempre se aceptará producir más cuando el precio de venta supere a los costos variables, por corresponder a los marginales. Cualquier precio sobre este permitirá cubrir los costos variables y contribuir con el remanente a solventar los costos fijos.

2.1.5 Efecto de las imperfecciones del mercado en los proyectos

El supuesto de los equilibrios de mercado y de la competencia perfecta da origen a lo que se denomina la ley de la oferta y la demanda. En el estudio de cualquier proyecto, lo primero que se busca es infringir esta ley, es decir, romper los equilibrios para obtener las ventajas competitivas que le permitan una mayor rentabilidad o, incluso, crear imperfecciones que lo favorezcan.

El éxito de muchas inversiones depende de la capacidad del evaluador para identificar estas imperfecciones y transformarlas en oportunidades. De igual manera, no reconocerlas podría conducir a un fracaso del proyecto.

Algunas imperfecciones se dan o se logran cuando existen o se crean situaciones como las cuatro que se explican a continuación.

1. **Monopolio:** un solo productor, intermediario o vendedor concentra el total del poder para elaborar, distribuir o vender un bien, pudiendo fijar el precio y las condiciones de venta. Formas frecuentes de monopolio se dan cuando existen colusiones, *trusts*, *holdings*, consorcios o franquicias.

   - **Colusiones:** un grupo de empresas acuerdan precios (como las cadenas de farmacias), coberturas de mercado, condiciones a los clientes, metas de producción y otras donde, manteniendo autonomía, ejercen un poder monopólico, incluso actuando en contra de competidores pequeños hasta hacerlos desaparecer. Se incentivan a ofertar productos que no cumplen a cabalidad con los deseos y necesidades de los consumidores, quienes no tienen otra opción más que adquirirlos, así como crear barreras a la entrada de nuevos competidores.

   - ***Trusts*:** la propiedad de diferentes empresas es adquirida por medio de la compra de acciones, donde mediante un consejo de administración que gestiona la producción, las ventas y las negociaciones financieras, obtienen en conjunto ventajas por sobre otros competidores.

   - ***Holdings*:** es una forma de lograr un *trust*. Cada empresa se gestiona de acuerdo con las directrices centrales que impone a cada una el *holding*.

   - **Consorcios:** son asociaciones de empresas de una misma industria (cámara de la construcción, asociación de bancos, confederación de la producción y el comercio, etc.) para tomar decisiones en función de los socios y aumentar su poder de negociación, especialmente frente a las políticas públicas de los gobiernos.

   - **Franquicias:** son un derecho que se da a una sola empresa para que actúe exclusivamente en una determinada zona.

   Una manera de enfrentar estas formas de monopolio la constituyen los *clusters*, donde muchos pequeños comerciantes y pymes se agrupan en redes empresariales para mejorar su competitividad mediante sinergias, ya sea para obtener economías de escala, complementarse para integrar procesos que garanticen el abastecimiento y la distribución, o definir estándares mínimos de calidad, entre otros motivos.

2. **Oligopolio:** un número pequeño de productores o vendedores fijan precios mínimos y máximos, dejando a cada empresa en libertad para diferenciar el producto por su envase, publicidad o puntos de venta, como los laboratorios farmacéuticos, por ejemplo. Este acuerdo lo puede romper un nuevo proyecto solo si se tienen la capacidad, el tamaño y los recursos suficientes para competir o influir en el grupo oligopólico.

Un oligopolio legal es el que se observa en Chile cuando el gobierno entrega un reducido número de concesiones a plantas revisoras de emisión de gases de los automóviles, aun conociendo las horas perdidas por los automovilistas en espera de ser atendidos (con todos los costos sociales que ello tiene) y consciente de la disposición de muchos otros inversionistas a crear más plantas revisoras.

3. **Monopsonio:** un solo comprador fija el precio de sus insumos (por ejemplo, un molino que adquiere trigo de muchos productores locales) y, además, define las cuotas de compra.

4. **Oligopsonio:** un grupo pequeño de consumidores maneja las cuotas de compra y los precios de muchos vendedores, como por ejemplo las pocas empresas de la industria de productos lácteos ante la gran cantidad de pequeños campesinos productores de leche.

Otras formas de aprovechar o crear imperfecciones del mercado son, entre otras, la publicidad, la innovación y desarrollo de productos, el registro de marcas y la discriminación de precios.

Mediante la publicidad, muchas empresas intentan crear la percepción de que su producto tiene más diferenciación que la real con los productos de la competencia. Cuando el consumidor no tiene la capacidad de discriminar entre calidades o no está en condiciones de informarse, es influenciable por aspectos secundarios, como por ejemplo la credibilidad de quien transmite el mensaje publicitario. De aquí la enorme suma de dinero que se paga a tenistas o artistas apreciados por la sociedad para promocionar productos absolutamente ajenos a lo que usa o a donde se desempeña normalmente. Su objetivo es dar la impresión de que una persona informada y creíble entrega antecedentes a personas no informadas.

La innovación y desarrollo de productos está limitada a las pocas empresas que están en condiciones de invertir en ello. Cuando existe alguno de los tipos de monopolio, estas empresas invierten en ello como una forma de crear barreras a la entrada de nuevos competidores que no pueden a veces aportar grandes innovaciones como para alterar la imperfección del mercado. Muchas empresas, aun sabiendo que la ventaja de innovar es solo de carácter temporal, lo hacen como un proceso continuo para estar siempre liderando el avance tecnológico, es decir, la temporalidad se transforma en permanente al ser ellas mismas quienes generan la modernidad y la sustitución de su propio producto.

El registro de marcas se relaciona con las franquicias. Muchas personas recurren, en lugares que visitan por primera vez, a hoteles de marca conocida, a pesar de que podría haber otros tanto o mejores que ellos y a menor precio; también recurren a empresas de *rent a car* conocidas internacionalmente para alquilar un vehículo, a un medicamento genérico provisto por un laboratorio conocido o a una clase de posgrado por el nombre de la universidad, sin averiguar el nombre o la calidad de sus profesores.

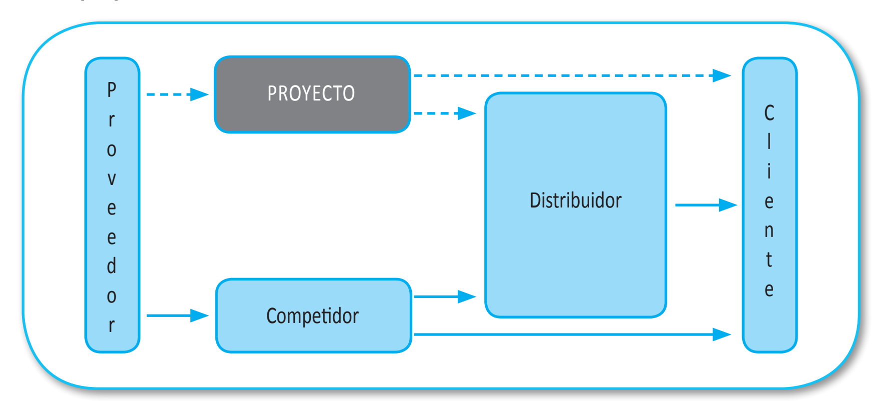
La discriminación de precios es una forma en que algunas industrias aprovechan la capacidad de compra de los consumidores en desmedro de otras donde no se puede hacer lo mismo. Muchos restaurantes ofrecen sus productos a mitad de precio en momentos del día de baja demanda (*happy hours*), motivando a los consumidores a, por ejemplo, no ir al cine para aprovechar esta oferta. Lo mismo se observa en los *malls*: mientras lugares que venden sándwiches pueden bajar sus precios una hora antes de cerrar (si no los venden, su ingreso es 0), los restaurantes formales no pueden, por imagen, hacerlo.

2.2 Información económica del mercado

El estudio del mercado, en cualquier tipo de proyecto, constituye una fuente de información de suma importancia tanto para estimar la demanda como para proyectar los costos y definir precios, aunque es frecuente, sin embargo, incurrir en el error de considerarlo únicamente como un análisis de la demanda y de los precios del producto que se fabricará o del servicio que se ofrecerá.

Para una correcta formulación y preparación del proyecto, más que uno, deben considerarse cuatro estudios del mercado: el del proveedor, el del competidor, el del distribuidor y el del consumidor. Cada uno de ellos proporciona una gran cantidad de información útil para evaluar el proyecto, a la vez que su omisión puede inducir a graves errores en la decisión de su aprobación o rechazo. La Figura 2.1 ilustra las relaciones entre estos mercados.

Figura 2.1
El mercado del proyecto



Como se observa en la Figura 2.1, cuando el proyecto se inserte en el mercado global, deberá vincularse con un grupo de proveedores –que hoy abastecen a la competencia– y con un grupo de clientes o consumidores, ya sea en forma directa o a través de intermediarios.

Si se considera la situación actual del mercado, seguramente se observará una serie de relaciones que se podrían o no mantener cuando el proyecto se haya implementado. Por ejemplo, con más o menos eficiencia, probablemente en el mercado actual existan otras empresas que satisfagan las necesidades del total o parte de los consumidores potenciales que pretende abordar el proyecto. Ellos, el mercado competidor, son abastecidos con los insumos necesarios para funcionar por otro grupo de empresas –el mercado proveedor–, que, posiblemente, abastezca a la empresa que se crearía con el proyecto. En muchos casos puede existir un mecanismo de intermediación que usa la competencia –el mercado distribuidor–, el cual podrá o no ser utilizado por este. Por último, el usuario o cliente de un producto constituye el mercado consumidor.

Cada uno de estos cuatro mercados deberá ser estudiado detenidamente para recopilar la información financiera necesaria para la evaluación, a la vez que para definir las características del propio proyecto en virtud de las oportunidades que se detecten en ese mercado. Sin embargo, tan importante como conocer sus características actuales es estimar las que podrían esperarse con la presencia del proyecto.

Por ejemplo, el alto consumo de queso puede hacer pensar a una empresa láctea que sería conveniente complementar su negocio de producción de derivados de la leche con una línea de producción de queso. Al aumentar la oferta de este producto, lo más probable es que no aumente el consumo por el solo hecho de producir más, lo que obligaría al inversionista a optar por una de las siguientes alternativas para lograr atraer a los consumidores de otras marcas:

- Bajar los precios para ser más competitivo.
- Aumentar el gasto en publicidad para atraer a los consumidores de la competencia o para crear nueva demanda.
- Invertir en un sistema de distribución diferente, más amplio y más atractivo que el observado actualmente en el mercado.

Los equilibrios que se observan en el mercado actual entre oferentes y demandantes condicionan los precios de los insumos y de los productos o servicios. Si el proyecto rompe los equilibrios, por entrar en competencia por un proveedor o consumidor, los precios variarán.

En algunos casos, el aumento en los niveles demandados de ciertos insumos podría romper los equilibrios de mercado en sentido contrario, es decir, ocasionando una baja en sus precios. Esto se explicaría porque la aparición del proyecto podría permitir al proveedor trabajar en niveles de producción más eficientes y distribuir sus costos fijos entre más unidades fabricadas. En otros casos, la reducción en los precios de los insumos se podría deber a que la aparición del proyecto incentivaría la producción local de un insumo que, por la baja demanda actual, es importado o traído de otro lugar con los mayores costos ocasionados por el transporte, los aranceles y otros gastos.

De lo anterior es fácil concluir que basarse en los precios observados en el mercado con la situación sin proyecto puede inducir a una decisión errada, tanto por sobredimensionar como por subestimar los costos y tarifas que deberá enfrentar el proyecto.

2.2.1 El mercado proveedor

En el mercado de los proveedores se deben estudiar tres aspectos fundamentales: el precio, la disponibilidad y la calidad de los insumos.

El precio de los insumos determinará una parte de los costos del proyecto e influirá en el monto de las inversiones, tanto de activos fijos como de capital operativo. En este sentido, se deberá investigar lo que se denomina concepto ampliado del precio, el cual, además de determinar los valores actuales en que se transan los insumos en el mercado y sus tendencias a futuro, deberá establecer la existencia de condiciones de crédito y las políticas de descuento ofrecidas por los proveedores.

Cualquier empresa debe mantener un inventario de insumos que permita enfrentar su consumo promedio normal, más cualquier imprevisto. Si los proveedores no otorgan crédito, se deberá financiar la totalidad de los inventarios inmovilizados. Sin embargo, si los proveedores venden con crédito, se requerirán menos recursos propios para mantener el nivel de inventarios que garantice una adecuada respuesta a los clientes.

La disponibilidad de los insumos se deduce del estudio de la existencia de capacidad productiva en toda la cadena de abastecimiento y determinará en definitiva el costo al cual podrá adquirirlo el proyecto. Si hay disponibilidad de materias primas, el precio al que se podrá comprar será inferior al que se lograría si no existiese disponibilidad.

En algunos casos, el estudio del proveedor deberá abarcar una cadena de investigación más larga que la del proveedor directo, ya que su producción futura puede depender, a su vez, del comportamiento de sus propios proveedores.

Por ejemplo, si un proyecto evalúa producir ácido cítrico como saborizante, a partir de residuos de limón derivados del limón fresco que desechan los fabricantes de aceites esenciales, deberá considerar que la disponibilidad de materias primas (que tendría un costo equivalente solo a la recolección y al transporte de los residuos) dependerá del nivel de operación de la fábrica de aceites esenciales, el que, a su vez, dependerá de los precios del limón fresco.

Cuando exista disponibilidad en los proveedores para atender la nueva demanda del proyecto, el evaluador trabajará con el costo promedio observado en los insumos, por cuanto lo más probable es que pueda comprar a ese precio. Si no existe disponibilidad ni se vislumbra un crecimiento en la oferta, se deberá trabajar con el costo marginal del abastecimiento, es decir, con el costo que se deberá pagar por cada unidad adicional para obtener el insumo.

Ejemplo 2.5

Suponga que la totalidad de la leche que se produce en una zona es comprada por otras empresas a $100 el litro. Un nuevo proyecto que requiera este insumo se podría abastecer solamente mediante la compra del producto desde otra localidad a un precio de $130 el litro, mayor precio que se explicaría por los costos del flete y otros en que se deberá incurrir para disponer de esos insumos. Alguien podría pensar que, ofreciendo pagar $110 en el mercado local, lo más probable sea que el proveedor prefiera vender al nuevo proyecto para ganar $10 más por unidad. Sin embargo, si así sucediese, también es posible pensar que el competidor preferirá pagar $113 en el mercado local y no comprar en otro a $130, y así sucesivamente, con lo que, en una guerra de precios, ambos terminarán pagando $130, o sea, el costo marginal.

La determinación de la calidad de los insumos –el tercer aspecto clave que debe estudiarse en el mercado de los proveedores– es un factor fundamental para calcular el costo. Generalmente, se considera el concepto de calidad como sinónimo de bueno. En el estudio de proyectos, la calidad se asocia con estándares de requerimientos basados en las especificaciones técnicas de los insumos. No se deberá optar por una calidad superior a la requerida, la que aumentará los costos, ni por una inferior, la que atentaría contra el posicionamiento del producto final.

En la selección de un proveedor se podrán considerar otras variables, como por ejemplo la perecibilidad de la materia prima, la existencia y las características de sustitutos, la necesidad de infraestructura especial para su almacenaje, el tamaño del pedido mínimo, la oportunidad y la eficiencia en la entrega, la calidad del servicio de venta y posventa, las garantías, e incluso el grado de solvencia económica del proveedor.

2.2.2 El mercado competidor

El estudio del mercado competidor tiene la doble finalidad de permitir al evaluador conocer el funcionamiento de empresas similares a las que se instalarían con el proyecto y de ayudarlo a definir una estrategia comercial competitiva con ellas. Sin embargo, los alcances del estudio van más allá de la sola determinación de la competencia para atender a un cliente. Además de conocer al competidor con objeto de evaluar la posibilidad de captar a nuevos consumidores, se debe considerar un mercado no tradicional, donde se compite por un proveedor o distribuidor. A los primeros se los denomina competidores directos y a los últimos, competidores indirectos.

Por ejemplo, un proyecto para elaborar productos agrícolas que requieren un servicio de frigorización puede competir por este servicio con otro que elabora productos de mar.

El estudio del mercado competidor indirecto busca identificar las relaciones comerciales que deberá asumir el proyecto para lograr contar con personal especializado, insumos, servicios, distribuidores y proveedores que garanticen su normal funcionamiento cuando sea implementado.

El mercado competidor directo es, sin duda, la principal fuente de información a la que una persona no experta en un tema puede recurrir para conocerlo. La mayoría de los expertos en evaluación de proyectos saben casi nada de clínicas obstétricas, fábricas de redes de pesca o tratamientos de aguas servidas, entre muchos otros. Por tal motivo, conocer lo que se hace en empresas similares, a qué tipo de usuario o cliente se atiende, cómo, con qué tarifas, con qué apoyo promocional, a través de qué distribuidor, etc., será una tarea básica en la definición de la propia estrategia comercial del proyecto, que, a su vez, es la que determinará parte importante de las inversiones, los costos y beneficios que se deberán estimar para evaluar el proyecto.

El primer elemento de la estrategia comercial es la definición del producto real con el que se va a competir. Un típico error es considerar el producto directo que ofrece la competencia, en circunstancias en que la decisión de optar por comprar una marca u otra no es siempre de tipo racional, sino que se ve influida por factores emocionales.

No siempre el paciente elige la mejor clínica por su capacidad resolutiva de la patología que lo afecta, sino que se preocupa del nombre de la clínica, de si tiene habitación individual con baño privado y televisor, acceso de visitantes a estacionamientos y precios de atención, etcétera. Es clásico el caso de numerosos hospitales públicos, con capacidades demostradas para atender patologías complejas, que reciben más pacientes derivados de otros establecimientos que por adscripción directa, por la mala imagen general (inmerecida muchas veces) de alta burocracia, la posibilidad de contraer contagios o la asociación de que, por tener menores tarifas, la atención es de menor calidad.

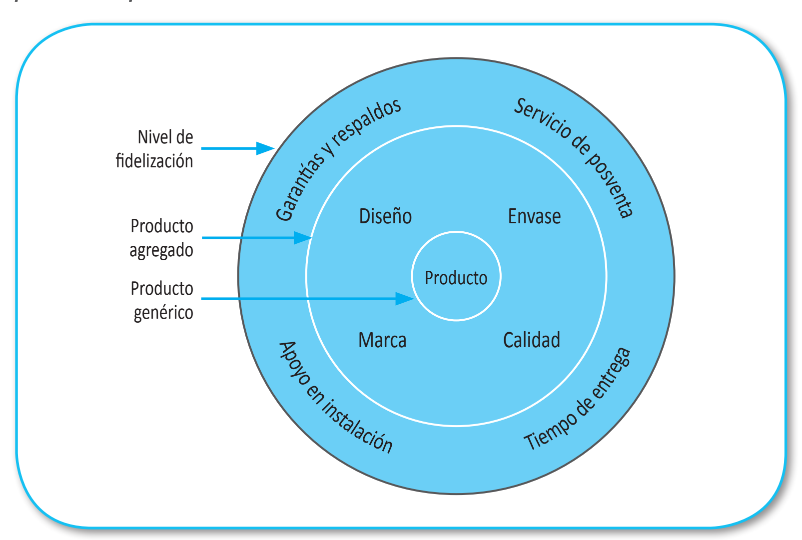
Lo anterior lleva a considerar el concepto ampliado del producto, ya que lo que percibe el usuario, más que el producto intrínseco, es un conjunto de atributos. En la correcta determinación de estos atributos, tanto de los servicios y productos de la competencia como de los que se definirán para el propio proyecto, recae una parte importante de la responsabilidad por su éxito o su fracaso.

El producto tiene al menos tres estados:

1. El producto mismo, sus características y usos.
2. El producto agregado que valora el cliente por su diseño, envase, marca y calidad.
3. El nivel de fidelización, que exige definir el apoyo para la instalación del producto, el tiempo de entrega, las garantías y el servicio de posventa.

La Figura 2.2 muestra la amplitud del concepto.

Figura 2.2
Concepto ampliado del producto



Los principales atributos del producto que deben estudiarse son los siguientes.

- **Características del producto:** dependerán de la necesidad que se busca satisfacer, de las opciones tecnológicas disponibles para su fabricación, de la capacidad del inversionista para adoptar dicha tecnología y del resultado del estudio de sus viabilidades.
- **Complemento promocional:** ¿cuánta gente cambia su preferencia de un producto por otro que lleva adosado algún regalo al envase, o compra en una farmacia productos que encuentra en promoción u oferta y que no iba predispuesta a comprar? ¿Por qué algunos fabricantes de tabaco para pipa envían a sus clientes una publicación gratuita con información relativamente útil para el público en general? Todos estos elementos pueden ser parte integrante del producto final, así como también la acumulación de *tickets* por cada compra de gasolina que, al acumularse, podrán ser canjeados por vajilla u otro regalo. Si se entra en una industria que agrega un complemento promocional a su producto, deberán cuantificarse los mayores costos de esa adquisición de su publicidad, almacenaje, seguros, sistemas de información para el control y la reposición de existencias en los locales de ventas, etcétera.
- **Marca:** ¿cuánto vale una clínica antes y después de que se dé a conocer que en ella falleció alguna figura pública por un tratamiento inadecuado, aunque en poco tiempo no recuerden el nombre del médico que se equivocó? Muchas empresas invierten enormes cantidades de dinero para posicionar una imagen corporativa, al igual que muchos profesionales invierten en posicionar una imagen personal asociada al éxito, porque ello les atrae más clientes.

- **Tamaño y envase:** en muchos casos, el envase tiene, además de la función de protección del producto, una finalidad promocional que busca diferenciarlo de otros productos competitivos, ya sea por su color, forma, texto del mensaje, tamaño o uso. De la misma manera, es común encontrar un mismo producto en cajas con diferentes cantidades de unidades. Aunque el producto sea el mismo, los gastos asociados a envases, manejo de inventarios, control de despacho, atención al cliente, etc., aumentarán solamente por la diferenciación de tamaños. Es fácil observar la relevancia de los envases en los proyectos de fabricación de chocolate casero que han implementado pequeñas emprendedoras de hogares modestos. Si venden los 100 gramos, por ejemplo, en $100, pueden obtener una cierta ganancia. Sin embargo, si agregan una caja, con un bonito envoltorio, lo más probable es que no solo puedan agregar al precio un monto mayor que el incremento de sus costos, sino también incrementar las ventas, ya que, además de servir para consumo, este producto permite hacer un buen regalo.

- **Calidad del producto:** generalmente, la oportunidad de un proyecto radica en la imperfección de un mercado que ofrece un servicio de una calidad superior o inferior a la deseada por los usuarios. Por ejemplo, es el caso de la gran demanda oftalmológica, por parte de chilenos de escasos recursos, de atención gratuita de profesionales extranjeros que, sin dar una mala atención, a otros les parecía de inferior calidad a la de sus colegas chilenos.

- **Calidad del servicio:** parte importante de la apreciación que las personas tienen de una empresa se asocia más con las percepciones que con las variables objetivas. La mayoría de los clientes no tienen capacidad para valorar la calidad ni la pertinencia de los activos que se usarán en su producto, pero sí la imagen del vendedor, el tiempo que este dedica a explicarles el uso de la compra, la calidad de los servicios complementarios, el tiempo de espera, la agilidad en los trámites burocráticos y hasta el vestuario de quienes los atienden, entre muchos otros factores.

El segundo elemento de la estrategia comercial de la competencia es el precio. La tarifa que se fije deberá ser lo suficientemente competitiva como para tener éxito comercial, entendiendo por competitivo no necesariamente un precio similar o inferior al de la opción que tiene el cliente. Mucha gente asocia calidad con precio y busca diferenciarse de otras personas pagando un precio alto por un producto que otros no están dispuestos o no están en condiciones de pagar.

Al igual que en el estudio del mercado proveedor, aquí conviene considerar el concepto ampliado del precio que cobra la competencia: tarifa, descuentos y formas de pago como anticipos, plazo de los créditos, cobro de intereses, etcétera. El precio que se defina para el proyecto deberá tener en consideración –además del cobrado por la competencia– los costos del proyecto, el precio de los productos sustitutos y lo que el cliente esté dispuesto a pagar.

El tercer elemento de la estrategia comercial de la competencia es la promoción. La decisión de optar por una u otra marca suele estar asociada a la sugerencia de la

publicidad. Mucha gente puede afirmar que una marca de vino es excelente sin siquiera haberla probado. El posicionamiento de una marca se logra transfiriendo información a los potenciales clientes, ya sea mediante publicidad o por la transmisión de experiencias de un comprador a su círculo de amistad.

Para determinar cuál es el factor comunicacional más eficiente para cada proyecto, se deben observar los logros de la competencia, que pueden estar asociados a montos significativos de inversión para dar a conocer la existencia del proyecto, o a gastos publicitarios permanentes para el mantenimiento de la imagen buscada. En los estudios que se realizan a nivel de prefactibilidad, el cálculo de estos desembolsos se suele obtener aplicando un porcentaje de gastos sobre las ventas esperadas, porcentaje que se determina de acuerdo con lo observado en los balances contables de empresas similares (que a veces se publican en una memoria anual), o solicitando una cotización a una agencia de publicidad.

Otro elemento que se debe estudiar de la estrategia comercial de la competencia es lo que se denomina plaza. Es decir, la forma en que se vincula con los clientes, los canales de distribución, la venta directa, etcétera. Por ejemplo, algunas clínicas privadas ofrecen ir a la oficina de los ejecutivos, siempre escasos de tiempo, para realizarles algunos exámenes médicos. Conocer los distintos puntos de venta que utiliza la competencia, evaluar su efectividad, espacios de mercado no cubiertos por ella y barreras a la entrada, como capacidad ociosa, son variables que sin duda ayudarán a formular el proyecto con un criterio estratégico.

Al estudiar el mercado competidor, siempre será conveniente analizar su comportamiento histórico además de la situación actual en que se encuentre. De esta forma, el evaluador podrá conocer qué estrategias comerciales de otros fueron exitosas y cuáles fracasaron.

Adicionalmente, se deberá analizar si tiene inversiones en ejecución que hagan prever un aumento en su capacidad de producción, de tal manera que pueda alterar los actuales equilibrios e información del mercado.

Las variables de la competencia más comunes que deben ser estudiadas para conocer la posición competitiva de cada uno de los competidores son las siguientes.

- **Tamaño:** por ejemplo, número de habitaciones disponibles en los hoteles, cantidad y tamaño de salas de clase de los institutos, o capacidad de producción de la industria.
- **Precio:** muchos clientes compran pagando a plazo, por lo que interesa conocer qué ofrece cada competidor, como por ejemplo el plazo máximo, el cobro de intereses o las exigencias de seguros de desgravamen. De igual manera, si se ofrecen descuentos, se debe averiguar su magnitud, por sobre qué volúmenes de ventas o en qué condiciones de pronto pago.

- **Ubicación:** cercanía a los clientes y proveedores, sucursales o puntos de venta, entre otros elementos.
- **Otros atributos:** prestigio y valor de la marca, profesionalización de la plana ejecutiva, grado de integración vertical de procesos, etcétera.

En algunos casos, incluso se llega a conocer la edad de quienes ocupan cargos claves. Por ejemplo, en empresas familiares de antigua tradición, si el dueño y gestor fuese de avanzada edad y ninguno de sus hijos mostrara interés en el negocio, podría darse el caso de que en un futuro cercano esa empresa abandone el mercado, posición que tomará quien haya preparado acciones estratégicas para enfrentar con ventajas esa situación.

Otras variables a considerar son los tiempos de entrega, la cantidad de devoluciones por material fallado o por mala clasificación de productos despachados, la calidad de servicios de posventa, la rotación de personal calificado y sus rentas, la capacidad de reacción exhibida a los cambios en los requerimientos del mercado, el grado de integración de procesos productivos, etcétera.

Solo conociendo con detalle qué hacen las empresas de la industria se podrán diagnosticar las causas de éxito o fracaso de unas sobre otras. Con base en estos antecedentes, se podrá definir una estrategia comercial competitiva que permita lograr la participación de mercado esperada.

2.2.3 El mercado distribuidor

En muchos casos, especialmente cuando el proyecto estudia la generación de un producto más que de un servicio, la magnitud del canal de distribución para llegar al usuario o consumidor final explicará parte importante de su costo total. Si el canal es muy grande, probablemente se llegará a más clientes, aunque con un mayor precio final, debido a los costos y márgenes de utilidad agregados en la intermediación. Al subir el precio por este motivo, la empresa no ve aumentados sus ingresos, pero sí ve afectados sus niveles de ventas, puesto que el aumento en el precio final podría hacer caer la cantidad demandada del producto. En economía, como ya se explicó, se usa el concepto de elasticidad para medir el impacto de una variación en los precios finales sobre la cantidad consumida.

Si el precio de un libro que baja a la mitad de lo que cuesta hoy hace que la cantidad vendida aumente a más del doble, a esta se la denomina elástica. Por el contrario, es inelástica cuando el valor de una atención de apendicitis baja sin hacer aumentar la cantidad de operaciones quirúrgicas por esta patología.

Al estudiar la relación entre precio y cantidad, se debe, en consecuencia, trabajar con el precio al que el consumidor recibirá el producto ofertado, incluyendo el efecto de todos los costos y márgenes de intermediación. La complejidad de este tema radica en que cada canal tiene asociados distintos costos y niveles de efectividad en las ventas.

Esto obliga a analizar todas las opciones de distribución como un subproyecto típico de la formulación, con todos los efectos económicos vinculados con su administración, que sean ocasionados por las tareas de supervisión, remuneraciones, inversiones en obras físicas y equipamiento o sistemas de información, etcétera.

Aunque el costo es un antecedente útil para seleccionar el canal de intermediación, existen otros elementos que se deben ponderar para tomar la decisión, como por ejemplo la calidad. Tal como en la determinación del insumo se opta por la calidad justa y necesaria para maximizar los beneficios netos, el canal que se seleccione no deberá ser ni mejor ni peor que el requerido. Mientras que los canales de superior calidad pueden encarecer el costo de distribución por sobre los beneficios incrementales que con ese medio de distribución se logren, los de inferior calidad pueden ser más baratos pero posiblemente reduzcan la efectividad de las ventas. En estos casos, se agregan los costos de la gestión de las devoluciones, de mantener sobre*stocks* o de producción en escalas ineficientes, entre otros.

También en esta parte del estudio se deberá determinar si se optará por una distribución con recursos internos o externos. Esta decisión dependerá de la cobertura del mercado objetivo, la exclusividad del producto, la segmentación del mercado y los recursos financieros y humanos calificados disponibles.

Igual que cambian los gustos y preferencias de los consumidores, los insumos y formas de funcionar de los proveedores, y muchas otras variables que se insertan en cualquier proyecto, los sistemas de distribución también lo hacen. Por ejemplo, la velocidad con que internet ha sustituido parte de la intermediación era inimaginable por muchos distribuidores que antes necesitaban que los necesitasen, y que hoy están perdiendo posiciones de importancia en la escala de distribución al ser sustituidos por un medio que permite a los clientes acceder a más información sobre los productos, sus precios, opciones, condiciones, etcétera.

2.2.4 El mercado consumidor

La información que entrega el mercado consumidor es, por lo general, la más importante para el proyecto. La decisión del consumidor para adoptar una tecnología, comprar un producto o demandar un servicio tiene componentes tanto racionales como emocionales, por lo que la predicción del comportamiento del uso o compra del servicio o producto que ofrecerá el proyecto se hace más compleja de lo esperado. La forma en que se hace, se ve, se usa o valora algo varía, no solo entre una sociedad y otra, sino también entre personas. Los cambios en los gustos y preferencias, los hábitos de consumos y motivaciones, o el grado de aceptabilidad o rechazo a una campaña promocional varían para cada proyecto y lugar, dado el fuerte componente subjetivo de la decisión.

Dos conceptos que, aunque son considerados como sinónimos por muchas personas, deben ser diferenciados en numerosos proyectos son consumidor y cliente. El primero es quien usa el producto y el segundo es quien lo compra o decide su compra.

No es trivial esta diferencia, puesto que ambos influyen al estimar los niveles o volúmenes de ventas. Por ejemplo, en un proyecto para elaborar ropa, alimentos, juguetes u otro producto para recién nacidos, es imprescindible conocer del consumidor (el recién nacido) su tasa de natalidad en la zona geográfica que pretende cubrir el proyecto. Si es una clínica pediátrica, es necesario conocer además la tasa de prevalencia de las enfermedades de los niños. Sin embargo, quien decide qué alimento comprar o a qué médico recurrir son generalmente los padres. De ellos, los clientes, deberán estudiarse sus motivaciones, aprehensiones o disposición a pagar, entre otros factores.

Por ejemplo, los médicos pediatras que atienden a un niño en 15 minutos diagnosticando perfectamente la enfermedad y definiendo correctamente el tratamiento a seguir para su recuperación se olvidan en ocasiones que su cliente es la madre, la que no solo valora una decisión médica acertada, sino, la mayoría de las veces, el tiempo que le dedica el médico a ella para darle explicaciones que la tranquilicen. En algunas circunstancias, será incluso necesario destinarle más tiempo a ella que al enfermo.

Los clientes tienen actitudes de compra asociadas con su personalidad, experiencias pasadas, influencias de conocidos y otras que los hacen a veces actuar racionalmente, otras impulsivamente o, incluso, afectivamente. Más aún, su personalidad es cambiante durante su vida. Ello obliga a caracterizar al potencial cliente de la manera más completa posible para determinar cuáles son los aspectos motivacionales claves de abordar con el proyecto. Muchas veces, se confunde el producto con la solución que espera el cliente para un problema. Cuando alguien compra un taladro, lo que busca es horadar algo.

En general, se puede afirmar que los principales factores subjetivos o emocionales se asocian con la moda, la marca, el nivel de exclusividad y la confianza sobre aspectos inmedibles por el decisor, los que son fundamentales en el momento de optar: existencia de repuestos, servicio de posventa, etcétera.

Por otra parte, entre los factores objetivos o racionales se destacan la comparación de precios, formas y condiciones de crédito, o la antigüedad y el prestigio de la empresa.

Es importante señalar que el precio es, a veces, un factor emocional, como por ejemplo cuando se asocia la calidad del producto con un alto costo. El comportamiento de las personas es difícil de predecir, por cuanto reaccionan de manera diferente frente a una combinación de estímulos que se modifican permanentemente. ¿Cuántas veces se elige un producto o servicio pensando que "lo barato sale caro"? La incapacidad –para discriminar entre diferentes calidades ofertadas– hace, frecuentemente, asociar al precio con la calidad. La falta de información o la incapacidad para analizarla hace que la decisión pierda objetividad.

Lo anterior no es tan significativo en los proyectos que se hacen en empresas funcionando, donde la demanda o el nivel de operación que se busca alcanzar es un dato conocido, como por ejemplo cuando se evalúa la conveniencia de sustituir una maquinaria antigua por otra nueva.

La posibilidad de efectuar una proyección más certera del comportamiento de la demanda es cada vez mayor a causa del desarrollo de modelos computacionales, bases de datos y registros de información. A pesar de los avances logrados, las técnicas disponibles no son suficientes para demostrar el resultado de una estimación, debido a la imposibilidad de prever la reacción de los competidores frente a la aparición del proyecto y la incorporación de otros competidores que pudieran también estar evaluando un proyecto similar.

El éxito que tendrá un proyecto para incorporarse a un mercado particular dependerá fuertemente de las barreras a la entrada de nuevos competidores existentes en él. Es decir, de las dificultades que encontrará un nuevo inversionista para insertarse en el mercado.

Puede haber una importante barrera a la entrada en las economías de escala que pudieran tener las empresas de la competencia que ya están en el mercado y que posiblemente ya hayan recuperado gran parte de su inversión. Si se quisiera competir con empresas que por su tamaño distribuyen sus costos fijos entre muchos productos, ello obligaría al inversionista a entrar también en gran escala para lograr funcionar en una escala de producción competitiva.

Una opción es que el inversionista intente iniciar su negocio en pequeña escala para después crecer. En este caso, podría tener que competir desventajosamente contra instituciones ya establecidas y que trabajan en escalas de operación más grandes. Por otra parte, si optara por una inversión en gran escala para competir con costos menores, podría tener que asumir un mayor riesgo, ya que deberá alcanzar una mayor meta de participación de mercado, enfrentando la natural reacción de las empresas existentes. Si la competencia tuviera una imagen fuerte y arraigada, más difícil sería lograr una participación de mercado exitosa y, aunque logre funcionar con costos similares a los de la competencia, probablemente deba incurrir en una fuerte inversión promocional.

Para elaborar una proyección de la demanda, se deben ejecutar tres etapas en su estudio: un análisis del comportamiento histórico, un análisis de la situación vigente y una estimación de la situación futura con y sin el proyecto.

El análisis del comportamiento histórico busca recolectar información cuantitativa que pueda servir para estimar tendencias de carácter estadístico y para identificar experiencias exitosas y fracasadas vinculadas con decisiones que otros agentes económicos hayan tomado en el pasado, de manera tal que se puedan explicar las relaciones causa-efecto que determinaron cambios en el pasado.

La importancia del análisis de la situación vigente radica en que constituye la base de cualquier predicción y en que permite la identificación de los precios de equilibrio vigentes en los mercados de los insumos y del producto o servicio.

La proyección de comportamientos futuros basados solo en consideraciones históricas y vigentes conlleva el problema de suponer el mantenimiento de las variables condicionantes de ese comportamiento pasado y actual. A veces, la sola creación del proyecto alterará el orden de cosas establecido en el mercado.

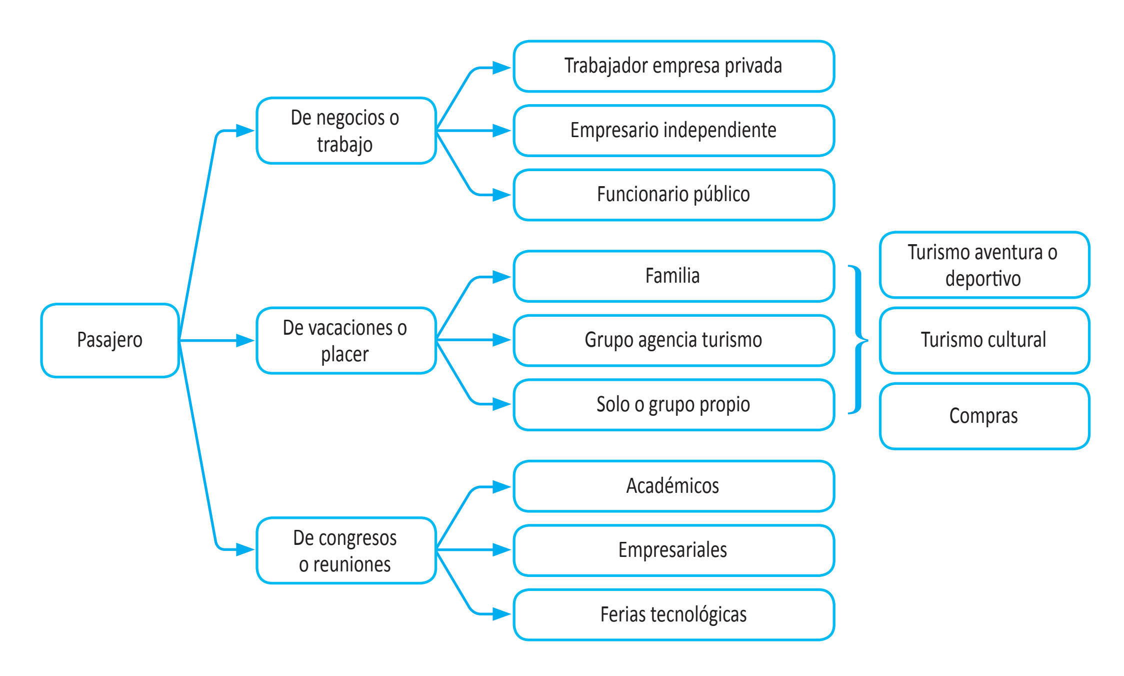
Un elemento pertinente para realizar cualquier estudio de los consumidores se denomina segmentación de mercados y corresponde a la forma de agrupación de los usuarios o consumidores: edad, sexo, nivel de ingreso, educación o lugar de residencia, entre otros factores.

Una segmentación más particular es la que clasifica a los consumidores por variables psicológicas, como la clase social a la que pertenecen, la aversión a los cambios e innovaciones, o el grado de libertad para tomar decisiones.

Incluso hoy, con los cambios recientes en el ordenamiento de la sociedad, a veces es necesario segmentar, por ejemplo, a las dueñas de casa, entre las que trabajan fuera del hogar y las que no lo hacen, o entre las que tienen servicio doméstico y las que no lo tienen. Obviamente, las actitudes de compra de la mujer que trabaja y tiene servicio doméstico son muy distintas de las de aquellas que no trabajan y no tienen apoyo doméstico. Con la globalización de los mercados, ha sido necesario llegar incluso a segmentar por credo religioso.

Ejemplo 2.6

En un estudio de demanda hotelera, es posible segmentar y subsegmentar el tipo de pasajero como sigue.



Obviamente, las subsegmentaciones posibles son mucho más de lo que pretende el alcance de este ejemplo. Sin embargo, con esta pequeña desagregación basta para apreciar la cantidad de clientes distintos que requieren un estudio diferenciador. Mientras que algunos prefieren que intermedie una agencia que les entregue el paquete turístico armado en todos sus detalles, incluyendo el transporte, otros prefieren el máximo de independencia y optarán por rentar un vehículo.

Si un proyecto para la construcción y la operación de un hotel pretende atender a pasajeros de negocios y congresos por sobre turistas, deberá contar con salones para eventos e instalaciones para atender los servicios requeridos, como eficientes sistemas de comunicación, salones privados para reuniones y restaurantes formales, entre otros. Si, por el contrario, está dirigido a pasajeros de placer, deberá invertir en más piscinas, canchas de tenis o golf, áreas de entretenimiento para niños, restaurantes informales y todo lo que la investigación de mercados de este segmento indique como necesario para hacer atractivo el proyecto.

Si bien la segmentación de mercados es una forma práctica de estudiarlo y definir una estrategia comercial diferenciadora para cada segmento, no puede desconocerse que una estrategia igualmente válida en otros casos puede ser la contrasegmentación, es decir, la elaboración de productos que permitan agrupar en vez de separar segmentos del mercado. Esto se logra, generalmente, ofreciendo productos más sencillos (como las calculadoras electrónicas solo con las funciones básicas), reduciendo los precios y márgenes unitarios a cambio de volumen, o ampliando la oferta, como muchos restaurantes.

El mercado de consumidores institucionales se puede segmentar por rubro, localización, tamaño o volúmenes de compras. La necesidad de segmentar el mercado por tipo de institución más que por tipo de individuo se debe a que muchos productos o servicios tienen como objeto atender unidades de negocios. Existen diferentes formas de clasificar la demanda con la finalidad de recolectar información: su oportunidad, necesidad, temporalidad, destino y permanencia.

En relación con su oportunidad, la demanda se clasifica como insatisfecha o satisfecha. Existe demanda insatisfecha cuando el comprador debe trasladarse a otro lugar para adquirir el producto deseado o simplemente se abstiene de comprarlo. La demanda satisfecha se puede dividir en saturada (cuando no es posible hacerla crecer) y no saturada (cuando es posible hacerla crecer con apoyo de acciones de *marketing*).

En relación con su necesidad, la demanda se puede clasificar en básica (la que se requiere ineludiblemente) y suntuaria (la que satisface un gusto más que una necesidad).

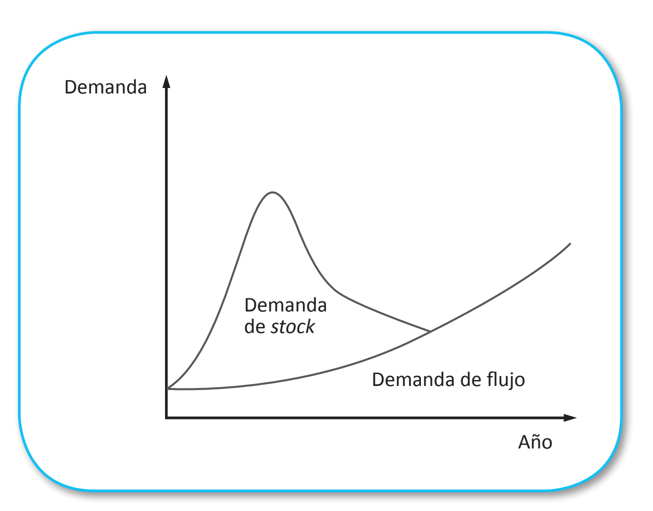
En cuanto a su temporalidad, la demanda puede ser continua, cíclica o estacional.

En tanto, de acuerdo con su destino, la demanda puede ser final (la que demanda un producto o servicio para ser consumido) o intermedia (la que se demanda para ser utilizada en la elaboración de otros bienes o en la prestación de otros servicios).

Finalmente, según su permanencia, la demanda puede ser de flujo (que es de carácter permanente, pero puede ser variable) o de *stock* (que es de carácter finito y predecible en el tiempo). La suma de ambas da por resultado la demanda total, tal como se puede observar en el Gráfico 2.15.

Cuando aparecieron los ecógrafos y las unidades odontológicas de alta velocidad, la venta inicial fue sustancialmente mayor que la proyectada, por cuanto muchos establecimientos compraron o adoptaron la nueva tecnología. Posteriormente, otros establecimientos ven la ventaja de adquirirlos para mantener su posición competitiva y, al final, otro grupo termina adquiriéndolos por necesidad. De ahí en adelante, la demanda crece solo en función de la creación de nuevos establecimientos, de las ampliaciones y de las reposiciones normales del activo.

Gráfico 2.15
Demanda de flujo y demanda de stock



Separar la demanda de flujo de la de *stock* permite entender de mejor manera el futuro de la demanda y tomar decisiones (que más adelante se verá cómo evaluar) de abandono o venta del proyecto, o de reducción de la actividad.

Preguntas y problemas

2.1 ¿Qué es la cantidad demandada y en qué se diferencia de la demanda?

2.2 ¿Qué factores modifican la demanda?

2.3 ¿Cómo se comporta la demanda si aumenta el ingreso de los consumidores?

2.4 ¿En qué caso la demanda de un bien disminuye al aumentar el ingreso de las personas?

2.5 Explique los conceptos de restricción presupuestaria y de niveles de satisfacción con restricción presupuestaria.

2.6 ¿Qué es la utilidad marginal decreciente?

2.7 Grafique la relación entre utilidad total y utilidad marginal.

2.8 ¿Qué son las curvas de indiferencia?

2.9 ¿Qué es la tasa marginal de sustitución?

2.10 Explique los conceptos de elasticidad precio, elasticidad ingreso y elasticidad cruzada de la demanda.

2.11 Explique los cinco tipos de elasticidad que pueden resultar de la medición entre la variación de los ingresos y la variación de la demanda.

2.12 ¿Cómo cambia la demanda si el precio de un bien sustituto aumenta?

2.13 ¿Cómo cambia la demanda si el precio de un bien complementario disminuye?

2.14 ¿Qué es la cantidad ofrecida y en qué se diferencia de la oferta?

2.15 ¿Qué pasa con la oferta si el precio de un bien sustituto baja?

2.16 ¿Qué pasa con la oferta si el precio de un bien complementario sube?

2.17 ¿Qué factores modifican la oferta?

2.18 ¿Qué es el equilibrio de mercado?

2.19 Explique el comportamiento de las pendientes de las curvas de oferta y demanda.

2.20 ¿Qué pasa con el equilibrio de mercado si la oferta se desplaza hacia la derecha?

2.21 ¿Qué pasa con el equilibrio de mercado si la oferta y la demanda se desplazan hacia la derecha?

2.22 ¿Qué es el costo fijo medio y cómo se determina?

2.23 ¿Qué es el costo variable medio y cómo se determina?

2.24 ¿Qué es el costo medio total y cómo se determina?

2.25 ¿Qué es el costo marginal y cómo se determina?

2.26 Grafique y explique la relación entre los costos medios y marginales.

2.27 Grafique y explique la relación entre los ingresos y costos marginales y totales.

2.28 ¿Cuáles son las principales imperfecciones del mercado que pueden ser relevantes para el proyecto?

2.29 ¿Cuáles son las principales formas de monopolio y en qué consisten?

2.30 ¿Por qué y cómo un *cluster* puede mitigar una situación monopólica?

2.31 ¿Qué es un oligopolio y cómo puede afectar a un proyecto?

2.32 ¿Qué es un monopsonio y cómo puede afectar a un proyecto?

2.33 ¿Qué es un oligopsonio y cómo puede afectar a un proyecto?

2.34 ¿Por qué la publicidad contribuye con la imperfección del mercado?

2.35 ¿Por qué la innovación y desarrollo de productos contribuye con la imperfección del mercado?

2.36 ¿Por qué el registro de marcas contribuye con la imperfección del mercado?

2.37 ¿Por qué la disminución de precios contribuye con la imperfección del mercado?

2.38 ¿Cuáles son los mercados que debe considerar el estudio de un proyecto?

2.39 ¿Qué es el mercado proveedor y qué variables deben estudiarse de él?

2.40 ¿Qué es el mercado competidor y qué variables deben estudiarse de él?

2.41 ¿Qué es el mercado distribuidor y qué variables deben estudiarse de él?

2.42 ¿Qué es el mercado consumidor y qué variables deben estudiarse de él?

2.43 ¿Qué es la segmentación de mercados?

2.44 ¿Cómo se clasifica la demanda de acuerdo con su oportunidad?

2.45 ¿Cómo se clasifica la demanda de acuerdo con su necesidad?

2.46 ¿Cómo se clasifica la demanda de acuerdo con su temporalidad?

2.47 ¿Cómo se clasifica la demanda de acuerdo con su destino?

2.48 ¿Cómo se clasifica la demanda de acuerdo con su permanencia?

2.49 Un restaurante de comida rápida que vende aproximadamente 80 sándwiches diarios, especialidad de la casa, a $100 cada uno decide observar el comportamiento de las compras bajando, durante 15 días, su precio a $90. El resultado fue un aumento a 95 sándwiches diarios en promedio.

Calcule la elasticidad precio y explique el resultado obtenido.

2.50 Un quiosco instalado en el interior de un campus universitario aumentó en 10% el precio de las gaseosas, teniendo como resultado una reducción de 15% en sus ventas, aunque aumentó sus ventas de jugo natural en 12%.

- ¿Cuál es la elasticidad precio de la demanda de gaseosas?
- ¿Cuál es la elasticidad cruzada de la demanda entre gaseosas y jugo?

2.51 Una empresa paga un costo fijo anual de $20.000 para cualquier nivel de producción hasta 300 unidades, la que depende de la cantidad de trabajadores que se contrate.

Cada trabajador recibe una renta anual de $1.000.

La producción asociada con la dotación de personal es la siguiente.

Trabajadores	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Unidades producidas	0	20	45	75	110	150	185	213	233	248	259	269	277	281	283	284

Cada unidad producida ocupa insumos valorados en $150 cada una.

Determine los costos medios y marginales y explique los resultados obtenidos.

2.52 Los fumadores de pipa esperan cada año la aparición de mezclas exclusivas de tabaco que suelen fabricarse en cantidades limitadas por una sola vez. Con los niveles de ingresos actuales, los fumadores estarían dispuestos a comprar las cantidades que se muestran en las primeras dos columnas de la tabla siguiente, dependiendo de los precios a los que se vendan. Sin embargo, al consultárseles sobre la situación económica, la mayoría indicó que aprecian signos de reactivación y que tienen expectativas de mejorar sus ingresos en un rango cercano al 5% real; de suceder eso, estarían dispuestos a comprar las cantidades indicadas en la última columna de la tabla siguiente.

Precio ($)	Compras en condiciones actuales (unidades)	Compras con aumento de ingresos (unidades)
$100	20.000	30.000
$200	14.000	24.000
$300	10.000	15.000
$400	6.500	9.000
$500	4.000	6.500

Grafique las curvas de demanda y explique su desplazamiento.

2.53 Una importante empresa tabacalera evalúa invertir en una innovación que le permitiría reducir sus costos de fabricación de tal manera que podría, al mismo precio, ofertar más unidades de una mezcla especial que elabora cada año en su aniversario. La siguiente tabla muestra las cantidades que estaría en condiciones de producir para distintos precios de venta.

Precio ($)	Producción en condiciones actuales (unidades)	Producción con innovación (unidades)
$100	0	6.000
$200	7.000	10.000
$300	10.000	15.000
$400	14.000	20.000
$500	20.000	26.000

Grafique las curvas de oferta y explique su desplazamiento.

2.54 Con la información de los Ejercicios 2.52 y 2.53:

a. Grafique el equilibrio de mercado en las condiciones actuales.

b. Si aumentase el ingreso de las personas, grafique y explique el nuevo equilibrio de mercado.

c. Si la empresa incorpora la innovación y las personas no ven cumplidas sus expectativas, grafique y explique el nuevo equilibrio de mercado.

d. Si se cumplen las expectativas y al mismo tiempo la tabacalera adopta la innovación, grafique y explique el nuevo equilibrio de mercado.

2.55 Un estudio de terreno sobre el comportamiento del consumo frente a diferentes precios de pastillas para el aliento generó un cuadro de información que permitió, mediante una regresión, determinar la siguiente función:

$P = 600 - 2Q$

Por otra parte, la oferta se pudo representar por:

$P = 100 + Q$

Determine la cantidad y el precio de equilibrio.

2.56 Calcule la cantidad y el precio de equilibrio si las funciones para la demanda y la oferta fuesen, respectivamente:

$P = -3/5Q + 72$ y $P = 1/30Q^2 + 24$

2.57 En un estudio del mercado, se estimó que los productores empiezan a fabricar cuando el precio es de $24 y que están dispuestos a aumentar su oferta en una unidad por cada peso que suba el precio.

La demanda fue estimada por la función $-1/200Q^2 + 72$.

Calcule la cantidad y el precio de equilibrio.

Capítulo

3

Técnicas de predicción

La predicción de los comportamientos de las variables económicas constituye, sin duda, una de las mayores dificultades en el estudio de propuestas de inversión. Sin embargo, su realización es ineludible por cuanto la esencia de la evaluación de proyectos es comparar una inversión o una desinversión actual con el flujo de caja que es posible esperar en el futuro, si se opta por tomar la decisión. Las condiciones que imperarán en los próximos años difícilmente coincidirán con aquellas observadas en proyectos similares en el pasado. Por ello, el resultado de una predicción se debe considerar solo como una medición de evidencias incompletas, basadas en comportamientos empíricos de situaciones parcialmente similares o en inferencias de datos estadísticos disponibles.

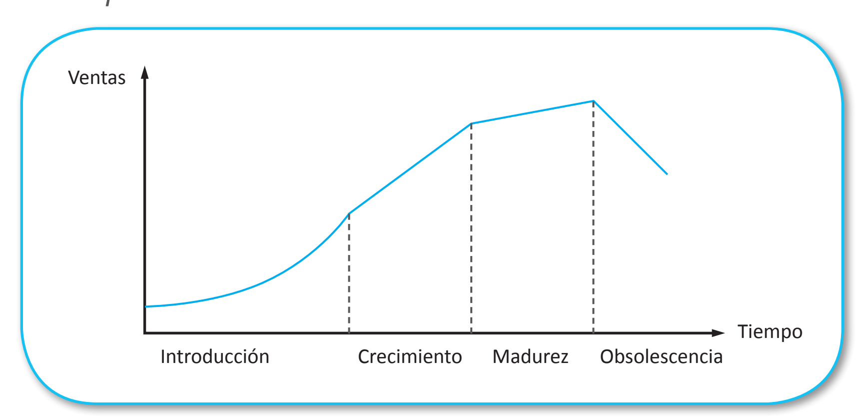
Los diversos métodos para hacer pronósticos deben ser considerados, muchas veces, como complementarios. Difícilmente los resultados de uno coincidan con los de otros. De la misma forma, posiblemente unos sirvan más en un periodo de tiempo que otros, es decir, mientras unos puedan ser recomendables para proyectar los primeros años de la demanda, otros serán los más adecuados para el largo plazo.

El estudio del comportamiento histórico de la demanda que ha tenido la competencia ya establecida es fundamental para elegir la técnica de pronóstico a

emplear, tanto en lo que se refiere a su tendencia, estacionalidad, impacto de variables externas y comportamiento frente a los cambios en los ciclos económicos como a sus reacciones (positivas y negativas) a campañas promocionales, cambios de precios o readecuación de las características del producto, etcétera.

En proyectos innovativos se debe tener muy en cuenta el ciclo de vida de productos similares. Es posible que en una etapa inicial de su desarrollo sea una función exponencial la que mejor explique el comportamiento de la demanda en el periodo introductorio (crece muy lentamente al principio mientras el producto se conoce, para luego aumentar fuertemente); que en una segunda etapa, de crecimiento, sea una función lineal con tendencia positiva la que mejor explique el desarrollo del mercado; y que, en la etapa de madurez, se opte también por una función lineal creciente a tasas sustancialmente menores. Incluso puede haber una etapa de saturación, donde la demanda llegue a 0, como por ejemplo los derivados de la obsolescencia por los continuos cambios tecnológicos (regla de cálculo, telégrafo y, pronto, el fax). El Gráfico 3.1 muestra estas situaciones.

Gráfico 3.1
Ciclo de vida de un producto



Como se señaló en el Capítulo 2, en estos casos será necesario separar la proyección de la demanda de flujo de la de *stock*.

Desde otro punto de vista, el comportamiento histórico de la demanda de la competencia requiere una desagregación mayor. En la fabricación de calzado, por ejemplo, entre masculino y femenino, entre adultos y niños, por modelo, color o tamaño del pie.

Las técnicas de pronóstico se clasifican de diversas formas en la literatura económica. En este texto se usarán dos grandes categorías: las cuantitativas y las cualitativas. Cuando se dispone de datos históricos suficientes, es posible utilizar los modelos cuantitativos de proyección. Si estos no existen o son insuficientes, lo mejor es recurrir a los métodos cualitativos.

3.1 Técnicas cuantitativas de predicción

Las técnicas cuantitativas de predicción poseen la ventaja de que, al estar expresadas matemáticamente, su procedimiento de cálculo y los supuestos empleados carecen de toda ambigüedad. Dos grupos se identifican en esta categoría: los modelos causales y los modelos de series de tiempo. Un tercero, el de datos de panel, es solo una combinación de los dos anteriores. Por ejemplo, en un proyecto de atenciones pediátricas, un modelo causal vincularía el número de prestaciones médicas con la cantidad de niños de cada zona geográfica; uno de series de tiempo analizaría la evolución en el tiempo del número de prestaciones; y uno de datos de panel relacionaría la evolución de la población infantil con el número de atenciones pediátricas a través del tiempo.

3.1.1 Modelos causales

Los modelos causales requieren que exista una relación entre los valores de ambas variables y que los de la variable independiente sean conocidos o que su estimación otorgue una mayor confianza. La forma más común de hacer proyección causal es el ajuste de curvas, el cual se puede realizar aplicando el método de regresión, que predice el comportamiento de la variable dependiente a partir de una línea recta, exponencial u otra formada por los datos de la variable independiente. Se denomina regresión simple a la que emplea una sola variable independiente y regresión múltiple a la que recurre a varias.

Los modelos causales relacionan muchas veces la demanda con el número de habitantes, con su ingreso per cápita, con la participación de la mujer en el mercado laboral o con la cantidad de empresas, entre otras variables. Por ejemplo, la demanda por lavavajillas está directamente relacionada con los tres primeros factores mencionados. En las grandes ciudades, donde el poder adquisitivo es mayor y un gran número de mujeres trabaja, las compras de lavavajillas son sin duda mayores que en pueblos pequeños con escasos ingresos y donde pocas mujeres trabajan. Lo mismo pasa con la demanda de líneas telefónicas, donde la existencia de factores como la población, el número de empresas, el producto interno bruto (PIB), la actividad industrial o los índices de construcción, entre otros, puede correlacionarse fácilmente con su demanda.

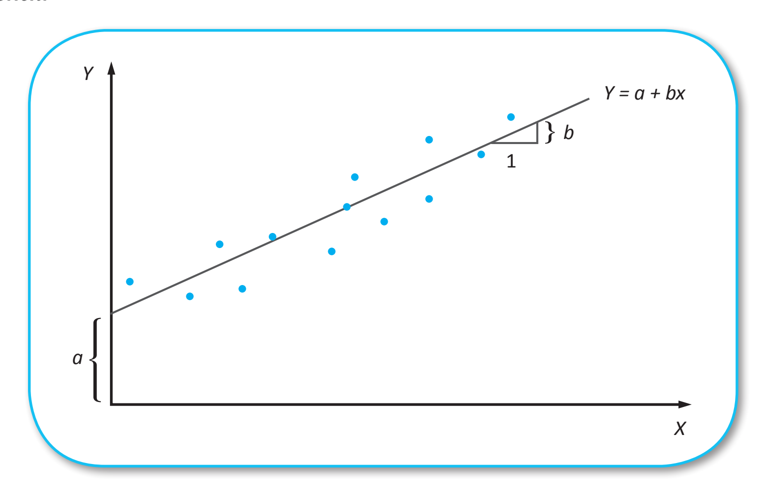
El método de los mínimos cuadrados o regresión lineal busca determinar la recta que represente de mejor manera la tendencia de las relaciones observadas entre dos variables, para usarlas como base de la proyección de la tendencia futura, calculando en la Ecuación 3.1 los valores de a y b que definan la función Y que minimice las desviaciones, los datos observados y la ecuación.

$$Y = a + bx \tag{3.1}$$

Donde Y es la función de proyección o línea de tendencia; a, el comportamiento no explicado por la variable x; b, el comportamiento explicado por la variable x que indica en cuánto cambia el valor de Y por cada unidad que cambie x.

El Gráfico 3.2 muestra estas relaciones, donde los datos observados se representan con puntos y la función de estimación, con la línea recta.

Gráfico 3.2
Línea de tendencia



Existen diversas formas de calcular el valor de las variables *a* y *b*. A continuación, se explican los procedimientos para hacer el cálculo mediante los más utilizados: el uso de fórmulas y el de los facilitadores de Excel, a saber, **Análisis de datos** y el ajuste de la línea de tendencia al gráfico de dispersión. En todos los métodos se usará la información base que se exhibe en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 ***Datos recolectados de población infantil y demanda por comuna***

Comuna	Población infantil (*x*)	Ventas en unidades (*Y*)
1	14.680	3.845
2	22.930	5.450
3	16.650	5.099
4	35.990	8.890
5	32.480	6.681
6	38.770	9.678
7	10.030	4.542
8	24.260	4.557
9	52.460	13.289
10	36.800	10.506
11	17.340	5.134
12	43.690	9.066

En la Tabla 3.1 se puede observar que, aunque exista una relación entre la cantidad de niños y las ventas (a mayor población, mayores ventas), estas pueden tener comportamientos erráticos. Por ejemplo, la comuna más pequeña tiene 10.030 niños y se venden 4.542 unidades, mientras que la que le sigue en tamaño (la número 1), teniendo un 40% más de población, vende menos unidades.

Obviamente, una de las dos es menos representativa que la otra con respecto al comportamiento entre demanda y población. La regresión reúne todos los datos históricos disponibles y estima el mejor promedio entre todos ellos, separando la cantidad (*a*) de unidades vendidas que no son explicadas por la población (accesos, lejanía de las viviendas a los centros de venta, etc.) de aquellas (*b*) que sí son explicadas por ella.

a. Uso de fórmulas

El primer procedimiento para determinar la línea de tendencia recurre a las ecuaciones siguientes para definir los valores de *a* y de *b*.

$$b = \frac{n\Sigma xy - (\Sigma y)}{n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2} \tag{3.2}$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \tag{3.3}$$

Donde n es el número de observaciones; $\bar{y}$, el valor promedio de la variable y, y $\bar{x}$, el valor promedio de la variable x.

Reemplazando los valores obtenidos en las dos ecuaciones anteriores, se obtiene:

$$b = \frac{12(2.903.465.410) - (346.080)(86.737)}{12(11.876.785.000) - 119.771.366.400} = 0,212028$$

$$a = 7.228 - (0,212028)(28.840) = 1.113,1958$$

La línea de tendencia queda, entonces, como sigue.

$$Y = 1.113,1985 + 0,212028x$$

Para pronosticar las ventas en una nueva comuna, se reemplaza x por la población infantil.

Ejemplo 3.1

La Tabla 3.2 muestra los valores de cada componente para calcular las ecuaciones anteriores.

Tabla 3.2 ***Cálculo de variables de la ecuación***

Comuna	Población infantil (x)	Ventas en unidades (Y)	xy	x^2
1	14.680	3.845	56.444.600	215.502.400
2	22.930	5.450	124.968.500	525.784.900
3	16.650	5.099	84.898.350	277.222.500
4	35.990	8.890	319.951.100	1.295.280.100
5	32.480	6.681	216.998.880	1.054.950.400
6	38.770	9.678	375.216.060	1.503.112.900
7	10.030	4.542	45.556.260	100.600.900
8	24.260	4.557	110.552.820	588.547.600
9	52.460	13.289	697.140.940	2.752.051.600
10	36.800	10.506	386.620.800	1.354.240.000
11	17.340	5.134	89.023.560	300.675.600
12	43.690	9.066	396.093.540	1.908.816.100
$\sum xy$			2.903.465.410	
$\sum x$	346.080			
$\sum y$		86.737		
$\bar{x}$	28.840			
$\bar{y}$		7.228		
$\sum x^2$				11.876.785.000
$(\sum x)^2$	119.771.366.400			

b. Uso del comando Análisis de datos de Excel

La primera vez que se vaya a utilizar este comando, será necesario activarlo. Para ello, debe hacer clic en el **Botón de Office** (círculo que aparece en el extremo superior izquierdo de la pantalla) y seleccionar **Opciones de Excel**. Al desplegarse el cuadro de diálogo correspondiente, debe seleccionar **Complementos**; elija el comando **Herramientas para análisis** y marque **Ir...** Al desplegarse el cuadro de diálogo **Comandos**, active la casilla **Herramientas para análisis**.

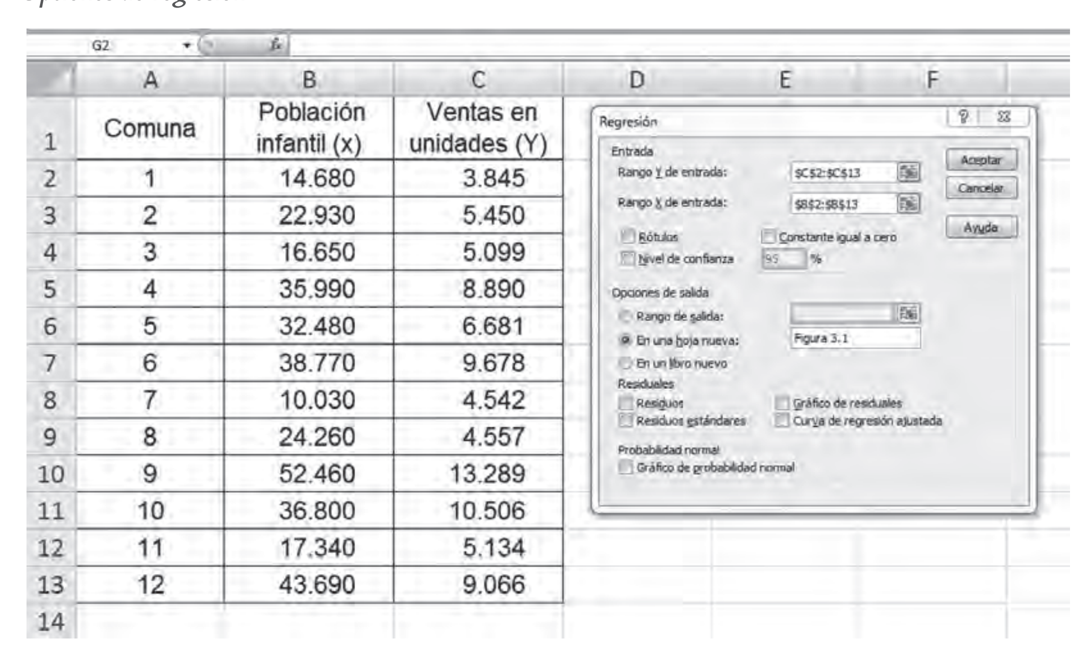
Ejemplo 3.2

Con los datos del ejemplo anterior traspasados a una hoja Excel, se debe seguir el siguiente procedimiento:

1. Seleccione **Datos** de la barra de opciones.
2. En **Análisis**, elija la opción **Análisis de datos**.
3. En el cuadro de diálogo que se abrirá, seleccione la opción **Regresión** y elija **Aceptar**.
4. En el cuadro de diálogo **Regresión**, use el casillero **Rango *Y* de entrada** para anotar la posición de los datos de la variable dependiente (Ventas).
5. Use el casillero de **Rango *X* de entrada** para especificar la posición de los datos de la variable independiente (Población infantil).
6. Utilice las **Opciones de salida** para especificar el lugar donde quiere ubicar los resultados. Si elige la opción **En una hoja nueva**, asígnele un nombre (Resultados regresión).

La Figura 3.1 muestra el resultado que debería obtenerse.

Figura 3.1
Opciones de regresión



	A	B	C
1	Comuna	Población infantil (x)	Ventas en unidades (Y)
2	1	14.680	3.845
3	2	22.930	5.450
4	3	16.650	5.099
5	4	35.990	8.890
6	5	32.480	6.681
7	6	38.770	9.678
8	7	10.030	4.542
9	8	24.260	4.557
10	9	52.460	13.289
11	10	36.800	10.506
12	11	17.340	5.134
13	12	43.690	9.066
14			

7. Finalmente, elija **Aceptar**. Excel insertará una nueva hoja de cálculo con los resultados de la regresión, tal como se muestra en la Figura 3.2.

Figura 3.2
Resultados de la regresión

	A	B	C	D	E	F
1	Resumen					
2						
3	*Estadísticas de la regresión*					
4	Coeficiente de correlación múltiple	0,933542294				
5	Coeficiente de determinación R^2	0,871501214				
6	R^2 ajustado	0,858651335				
7	Error típico	1121,008547				
8	Observaciones	12				
9						
10	ANÁLISIS DE VARIANZA					
11		*Grados libertad*	*Suma cuadrados*	*Promedio cuadrados*	*F*	*Valor crítico de F*
12	Regresión	1	85228887,3	85228887,3	67,82174682	9,12548E-06
13	Residuos	10	12566601,61	1256660,161		
14	Total	11	97795488,92			
15						
16		*Coeficientes*	*Error típico*	*Estadístico t*	*Probabilidad*	
17	Intercepción	1113,201397	809,9666902	1,374379231	0,199339344	
18	Variable X 1	0,212027806	0,025745915	8,235395972	9,12548E-06	

Como se puede observar, en las celdas B17 y B18 de la Figura 3.2 aparecen directamente los valores de a y b, denominados como **Intercepción** y **Variable** X **1**, respectivamente, datos que son coincidentes con los obtenidos mediante el uso de las fórmulas.

En el **Resumen de los resultados de la regresión** aparecen tres conceptos bajo el título de **Análisis de varianza**: **Regresión**, **Residuos** y **Total**. Los valores bajo la columna **Suma de cuadrados** se interpretan como sigue.

- **Regresión:** variación que se puede explicar por los datos del modelo (dispersión en los valores estimados con respecto al promedio de los datos observados) y corresponde a la suma de los cuadrados de las diferencias entre cada valor estimado por el modelo y el promedio de los datos observados.
- **Residuos:** suma de los cuadrados de las diferencias entre los datos observados y los determinados por el modelo.
- **Total:** dispersión de los datos que se calcula como la diferencia entre el promedio de los datos observados y la suma de esos datos al cuadrado.

Si se relativizan los valores de **Regresión** y **Residuos** respecto de **Total**, se tiene:

	Suma de cuadrados	%
Regresión	85228887,3	0,87150
Residuos	12566601,6	0,12850
Total	97795488,9	1,00

El valor relativo de **Regresión** (0,87150) es el mismo que en las **Estadísticas de la regresión** aparece con el nombre de **Coeficiente de determinación** ***R*^2** (celda B5), y corresponde al porcentaje de la variación que puede ser explicado por el comportamiento de la variable independiente. Es decir, mientras más cercano a 1 sea este valor, mejor se considera el ajuste determinado.

Si el coeficiente es positivo y elevado (muy cercano a 1), las variables x e y tienen comportamientos altamente relacionados. Si el coeficiente muestra valores negativos, el comportamiento de las variables es opuesto, es decir, mientras mayor sea el valor de x, menor será el de y. Si el coeficiente es 0, no existe correlación entre las variables, y la ecuación obtenida no sirve para estimar el valor de Y. Si el coeficiente es 1, no existe diferencia entre el valor estimado y los datos observados.

El **Error típico** (que aparece en la celda B7) se calcula como la raíz cuadrada de los residuos y su número de grados de libertad ($n - 1$):

$$\sqrt{\frac{\text{Residuos}}{\text{Grados de libertad}}} = \sqrt{\frac{85.228.887,3}{10}} = 1.121,0085$$

A las desviaciones estándar de cada variable (la raíz cuadrada de su varianza) el Excel las muestra como **Error típico** (0,0257459 para b y 809,9666902 para a).

Dado que estadísticamente los resultados varían según sea la composición de los datos, se hace necesario determinar si los valores de a y b son o no válidos realizando una prueba de hipótesis, puesto que las variaciones se pueden deber a las diferencias propias de los grupos (edad, sexo, etc.) o se explican por el azar. Cuando las diferencias no se deben al azar, se clasifican como estadísticamente significativas, aceptando que las diferencias se explican porque los grupos están compuestos por individuos de diversas características.

El estadístico F se utiliza para determinar si todas las variables de la función en su conjunto son o no significativas, y se calcula dividiendo el promedio de los cuadrados de la regresión por el promedio de los cuadrados de los residuos. Aunque para dos variables es suficiente el coeficiente $R2$ (o R cuadrado), se muestra el cálculo del estadístico F para los datos del Excel que se observan en la Figura 3.2; se obtiene:

$$F = \frac{8522887,3}{1256660,161} = 67,82174682$$

Este valor es el que aparece en la celda E12.

En una tabla de distribución de Fisher, este valor se encuentra en la intersección de 1 grado de libertad (**Regresión**) y 10 grados de libertad (**Residuos**), para una probabilidad predeterminada. Por ejemplo, para un nivel de significancia de 95% (5% del área), la tabla muestra el valor 4,96, y para 99% (1% del área), el valor sube a 10,00.

Es decir, para 67,821746, el nivel de significancia es tan alto, que no aparece en la tabla de distribución de Fisher. La Figura 3.2 muestra estas relaciones.

Excel, sin embargo, entrega directamente este valor en la celda F12, donde, como puede observarse, el valor 9,12548E-06 (o sea, 0,000912548%) indica que el nivel de significancia es de 99,999087452%.

Para calcular si los coeficientes *a* y *b* de la función son significativos (individualmente) para hacer la estimación, se usa la distribución *t* de Student. En la Figura 3.2, se observa que este estadístico es 1,3744 para *a* y 8,2354 para *b* (celdas D17 y D18) y que sus probabilidades son de 19,9393% y 0,0009125%, respectivamente (celdas E17 y E18). Es decir, existe 19,9% de probabilidad de que *a* sea resultado del azar, mientras que, en el caso de *b*, es cercana a 0.

De lo anterior se concluye que aunque el coeficiente *a* (**Intercepción**) no es estadísticamente significativo, la ecuación como un todo sí puede ser útil para hacer la proyección.

Aun cuando todos los indicadores se consideren como válidos, podría darse el caso de que dos variables que no tengan ninguna relación entre sí sugieran la aceptación del modelo. Por ejemplo, el comportamiento observado en el consumo de cerdos con el crecimiento de los enfermos de sida. Aunque ambas variables se muestren muy correlacionadas y aunque *a* y *b* sean muy significativas, no cabe duda de que una no explica a la otra. Cuando se da una situación como esta, se la denomina relación espuria, y es el evaluador quien debe aplicar su sentido común para detectarla.

c. Ajuste de líneas de tendencia a un gráfico de dispersión

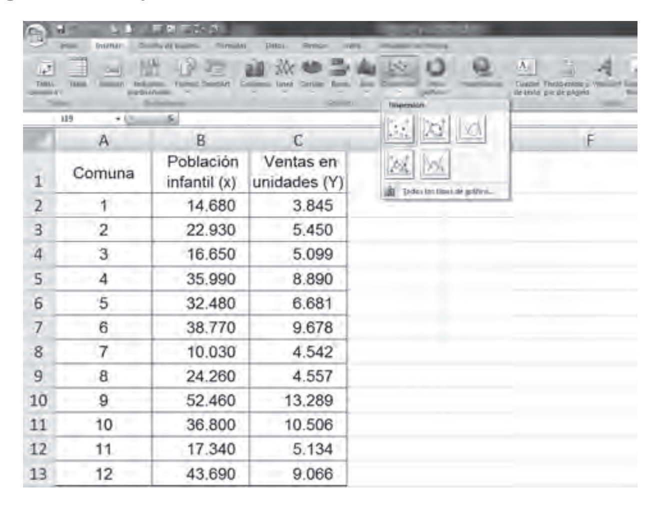
Este método aprovecha las posibilidades que proporciona Excel para ajustar una línea de tendencia de una serie de datos en un gráfico de dispersión (*XY*) y para visualizar la función *R*2 que define esta línea de tendencia.

Para utilizar este método, se debe proceder como sigue.

1. Seleccione las series de datos *x* (Población infantil) e *y* (Ventas). Si las series de datos se encuentran en columnas no adyacentes, seleccione la primera serie normalmente y luego seleccione la segunda serie mientras mantiene presionada la tecla **CTRL** (**Control**).

2. En la barra de opciones, seleccione **Insertar** y luego, dentro de las opciones de **Gráficos**, elija **Dispersión** y marque la opción **Solo con marcadores**, tal como se muestra en la Figura 3.3.

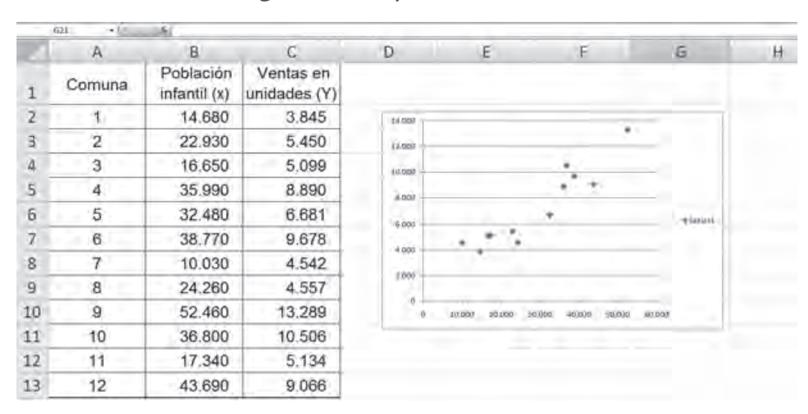
Figura 3.3
Construcción de un gráfico de dispersión



	A	B	C
1	Comuna	Población infantil (x)	Ventas en unidades (Y)
2	1	14.680	3.845
3	2	22.930	5.450
4	3	16.650	5.099
5	4	35.990	8.890
6	5	32.480	6.681
7	6	38.770	9.678
8	7	10.030	4.542
9	8	24.260	4.557
10	9	52.460	13.289
11	10	36.800	10.506
12	11	17.340	5.134
13	12	43.690	9.066

3. Un nuevo objeto flotante se mostrará sobre la hoja de cálculo, conteniendo el gráfico seleccionado. Haga clic, con el botón derecho del *mouse*, sobre cualquiera de los puntos de la serie en el gráfico, y elija la opción **Agregar línea de tendencia...**, como se muestra en la Figura 3.4.

Figura 3.4
Agregar una línea de tendencia a un gráfico de dispersión

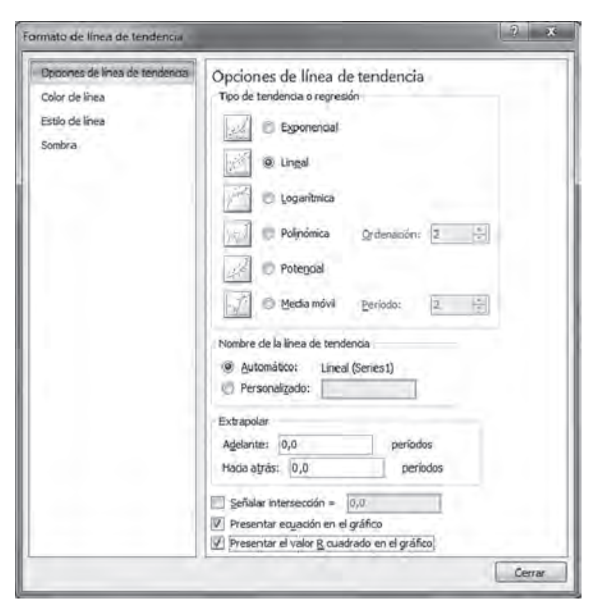


	A	B	C
1	Comuna	Población infantil (x)	Ventas en unidades (Y)
2	1	14.680	3.845
3	2	22.930	5.450
4	3	16.650	5.099
5	4	35.990	8.890
6	5	32.480	6.681
7	6	38.770	9.678
8	7	10.030	4.542
9	8	24.260	4.557
10	9	52.460	13.289
11	10	36.800	10.506
12	11	17.340	5.134
13	12	43.690	9.066

4. En el cuadro de diálogo **Formato de línea de tendencia**, seleccione el tipo **Lineal**, y active las casillas **Presentar ecuación en el gráfico** y **Presentar el valor *R* cuadrado en el gráfico**, tal como se indica en la Figura 3.5.

Figura 3.5

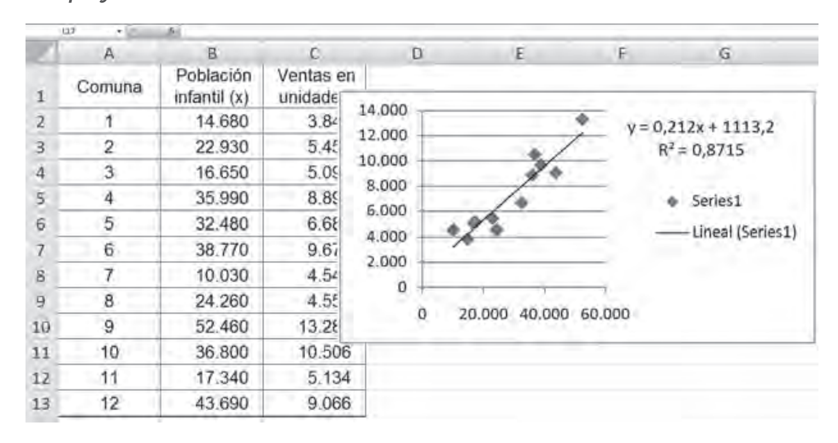
Cuadro de diálogo ***Formato de línea de tendencia***



5. Eligiendo **Cerrar**, el gráfico se mostrará con la correspondiente línea de tendencia y los datos resultantes para hacer las estimaciones. Los valores que se muestran en la Figura 3.6 tampoco difieren de los obtenidos con los métodos anteriores.

Figura 3.6

Resultados de la proyección



	A	B	C
1	Comuna	Población infantil (x)	Ventas en unidade
2	1	14.680	3.84
3	2	22.930	5.45
4	3	16.650	5.09
5	4	35.990	8.89
6	5	32.480	6.68
7	6	38.770	9.67
8	7	10.030	4.54
9	8	24.260	4.55
10	9	52.460	13.28
11	10	36.800	10.506
12	11	17.340	5.134
13	12	43.690	9.066

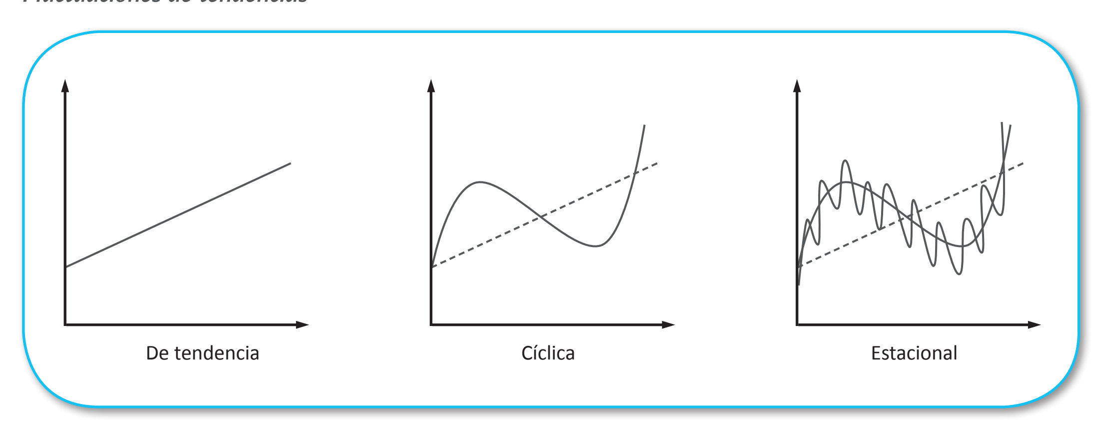
El criterio inicial para escoger el tipo de línea de tendencia es la forma que adoptan los puntos de la serie de datos. Por ejemplo, si se aprecia que la serie de datos muestra un crecimiento a tasas constantes, es probable que una tendencia lineal se ajuste mejor.

En cambio, si el crecimiento mostrado es a tasas crecientes o decrecientes, es probable que se logren mejores ajustes con una línea de tendencia exponencial o logarítmica, respectivamente. Como ya se explicó, el coeficiente *R*2 es un criterio para apreciar cuán correcta es la estimación.

3.1.2 Modelos de series de tiempo

Los modelos de series de tiempo pronostican el valor futuro de la variable que se desea estimar, extrapolando el comportamiento histórico de los valores observados para esa variable. Estos modelos asumen que la variable que explica la demanda futura es el paso del tiempo. Las fluctuaciones observadas en el pasado pueden diferenciarse en tres tipos: de tendencia, cíclica y estacional, cuyo comportamiento puede graficarse como sigue.

Gráfico 3.3
Fluctuaciones de tendencias



Las curvas que más se utilizan para describir una serie histórica y que no son excluyentes para predecir el comportamiento de la demanda a través del tiempo son la lineal ($Y = a + bx$), la parabólica o polinómica ($Y = a + bx + cx^2$) y la exponencial ($Y = ae^{bx}$).

La definición de un comportamiento histórico no es una proyección en sí misma. La extrapolación de la información del pasado es solo un dato complementario que supone que las condiciones que lo explicaron en el pasado se mantendrán a futuro. La comprensión de qué determinó la tendencia pasada permite, con más facilidad, aplicar el criterio o el sentido común para introducir ajustes a futuro o definir posibles escenarios.

Cuando no existen datos en la zona geográfica donde se considera instalar el proyecto, es posible recurrir al método analógico, el cual busca otro mercado que haya experimentado un desarrollo conocido y asimilar, por sus características similares, su comportamiento al que tendrá el propio mercado del proyecto. Para ello, se debe identificar el momento del tiempo en que el mercado desarrollado se encontraba en un

estado similar al que se encuentra el del proyecto y tomarlo como punto de partida. Por ejemplo, cuando se introdujeron las zapatillas deportivas para uso diario en Chile, se tomó como referencia la tasa de adopción observada en Brasil.

Aunque muchos evaluadores usan el método analógico como único predictor de la demanda para el proyecto, al considerar que las condiciones futuras no serán iguales a las observadas en otros mercados, será imprescindible incorporar los ajustes necesarios o realizar un análisis de escenarios.

Existen ocho principales modelos de series de tiempo, que se pueden tipificar entre sin estacionalidad y con estacionalidad, y entre sin tendencia y con tendencia.

- **Sin estacionalidad y sin tendencia:** promedio móvil simple y suavizamiento exponencial.
- **Con estacionalidad y sin tendencia:** aditivo estacional y multiplicativo estacional.
- **Sin estacionalidad y con tendencia:** promedio móvil doble y suavizamiento exponencial doble.
- **Con estacionalidad y con tendencia:** aditivo Holt-Winter's y multiplicativo Holt-Winter's.

Todos los modelos desagregan los datos históricos en función de tendencias y estacionalidades para luego replicarlos en la proyección futura. Para ello, asumen que los elementos que condicionaron en el pasado tanto el comportamiento de la tendencia como el de la estacionalidad se mantendrán durante todo el periodo de pronóstico.

Aunque el Excel proporciona la posibilidad de efectuar muchos cálculos, el *software* Risk Simulator está diseñado principalmente para hacer pronósticos estadísticos y, como se verá en el Capítulo 10, para medir el riesgo, entre otras funciones. Los ocho modelos anteriores están incluidos en el Risk Simulator, con la ventaja de que puede determinar cuál de ellos es el más adecuado en función de la información que se le proporciona[1].

3.2 Técnicas cualitativas de predicción

Las técnicas cuantitativas de estimación descritas anteriormente constituyen una fuente de información fundamental para apoyar el proceso de toma de decisiones de inversión en cualquier empresa. Sin embargo, como ya se mencionó, la esencia del proceso decisorio es la incertidumbre respecto del comportamiento que asumirá en el futuro el valor de una determinada variable. Esto explica la importancia que se otorga a las técnicas cualitativas de predicción como complemento de la información que deberá estar disponible antes de aprobar o rechazar un proyecto.

1 Escogiendo la función de **Auto-Modelo**, el *software* itera los datos a través de los ocho modelos, optimiza los parámetros de proyección y selecciona aquel que mejor se ajusta con esos datos.

Especial relevancia tienen estos modelos cuando no existen datos históricos, cuando es difícil cuantificar las variables que explicarían la demanda o cuando los datos existentes no son confiables para extrapolarlos si no es posible asimilar las características del proyecto con otras. Por ejemplo, cuando se iniciaron los primeros proyectos inmobiliarios de una segunda vivienda para descanso a solo una hora de las grandes urbes, ofreciendo al consumidor vincularse con la naturaleza todos los fines de semana en vez de únicamente durante su periodo vacacional, no existían datos referenciales históricos ni asimilables a otras experiencias.

Los principales métodos cualitativos se basan en opiniones de expertos que se obtienen de la aplicación de una (o una combinación) de las técnicas conocidas como el método Delphi, la investigación de mercados y la predicción tecnológica. En general, estas técnicas se fundamentan en el valor que se otorga a las experiencias pasadas y a la capacidad de las personas para intuir anticipadamente efectos sobre las variables más relevantes en la viabilidad de un proyecto, así como el conocimiento especializado de éxitos, fracasos y estándares de desempeño en materias similares.

3.2.1 El método Delphi

Este método se desarrolla como respuesta a las debilidades del modelo de consenso de panel, que busca la predicción de un grupo de expertos en una discusión abierta y que, por factores psicológicos, de personalidad o de actitud, conducía al grupo a seguir la posición de quienes demostraban tener una reputación, una habilidad para el debate o una personalidad dominante, capaz de imponerse a la calidad de otros argumentos. El consenso de panel se sigue aplicando en proyectos que se evalúan en empresas en funcionamiento, donde el personal interno demuestra experiencia y conocimiento del mercado. Uno de los casos más comunes es el de los vendedores que, con el conocimiento adquirido durante años en sus relaciones con los clientes, pueden opinar calificadamente sobre las reacciones y los comportamientos que podrían resultar de la posible introducción o modificación de un producto en el mercado; asimismo, el del personal de adquisiciones vinculado con los proveedores de insumos de la empresa.

El Delphi supera las dificultades del consenso de panel al constituir un grupo heterogéneo de expertos en un proceso en el que todos proporcionan información de manera interactiva, la cual es tratada sistemáticamente por un coordinador para concluir en una convergencia de la información colectiva; de ella nace la predicción. Para eso, la participación de cada experto es anónima y se la proporciona al coordinador, quien recopila, procesa y retroalimenta a todos los expertos con las opiniones del resto.

Mediante la reiteración del proceso en varias rondas, se tiende a una convergencia de opiniones que resulta en una predicción ampliamente consensuada. Este método se fundamenta en que la suma de las especialidades particulares de los integrantes del grupo cubre todo el ámbito de conocimiento que se requiere para la predicción, y en que el conocimiento combinado supera las capacidades predictivas de cada individuo.

Incluso hoy es posible observar el aumento a tasas crecientes de quienes se suman a la corriente de la prospectiva como análisis complementario a los pronósticos. Este grupo plantea que el futuro, además de su tendencia histórica y las condiciones esperables, es modificable, o sea, se puede influir según las decisiones que se tomen en un momento determinado. De esta manera, el proyecto podría incorporar acciones que modifiquen favorablemente las tendencias observadas.

Por ejemplo, cuando se evaluó la construcción de un nuevo hotel de cinco estrellas, se proyectó la tendencia histórica con base en la ocupación hotelera observada en función del comportamiento de las diversas variables que lo explicaban, pero luego se modificó bajo el criterio de que la futura administración debía ejecutar una serie de acciones para incrementar la demanda hotelera de la zona mediante la creación y la promoción de actividades "no hoteleras" como el desarrollo turístico, la organización de programas para la pesca y la caza, estímulos para que los recién casados pasen su luna de miel en la zona, la generación de encuentros académicos, empresariales y deportivos (como la Copa Davis), entre muchas otras ideas que, de materializarse, sin duda determinarían un cambio sustancial en la tendencia observada hasta la fecha.

Aunque muchos revisores de proyectos valoran sobremanera la entrega de un informe lleno de cuadros estadísticos, no debe olvidarse que estos úlimos constituyen solo información secundaria y, por lo tanto, son utilizables en el nivel de prefactibilidad. Su complementación con los resultados de las consultas directas y de la observación de las necesidades, motivaciones y otras variables definidas en el Capítulo 2, así como del comportamiento de la competencia, proveedores e intermediarios, permite un mejor diagnóstico del mercado. En este sentido, el método Delphi hace posible acopiar información de primera fuente para entender el mercado y para hacer los análisis de prospectiva.

Ejemplo 3.3

Para hacer una predicción del mercado habitacional mediante la aplicación del método Delphi, se puede constituir un grupo de expertos integrado por un agente corredor de propiedades, una ex autoridad económica del sector viviendas del gobierno, un empresario de la construcción, un analista de una institución bancaria especializado en créditos para la compra de viviendas, un analista bancario especializado en otorgar financiamiento a proyectos inmobiliarios, un funcionario de la dirección de obras municipales de la comuna donde se insertaría el proyecto y un universitario recién egresado de la carrera de Administración que, con un nulo conocimiento del mundo real, con seguridad aportará la aplicación de uno o más de los modelos cuantitativos ya explicados. El equipo interdisciplinario así constituido, entre otros expertos, podrá aportar su experiencia en cada uno de los campos de trabajo y áreas de interés para conducir a un solo pronóstico del grupo.

3.2.2 Investigación de mercados

La investigación de mercados considera la opinión de los clientes como pertinente en la actividad predictiva. Para ello, recurre a diversas formas de recopilación de sus opiniones, como por ejemplo la toma de encuestas a una muestra representativa de la población, la realización de experimentos o la observación de los consumidores potenciales en mercados de prueba, entre otras, buscando probar o refutar hipótesis sobre un mercado específico, es decir, las características de algún producto o de los consumidores.

El procedimiento más característico de este modelo es la realización de una encuesta.

Por ejemplo, si se busca medir la intencionalidad de compra para un nuevo producto que la empresa evalúa lanzar al mercado, se debe en primer lugar seleccionar el tamaño y la ubicación de la muestra representativa, para luego efectuar la toma de la encuesta y analizar la información recopilada.

Igual que un médico solicita exámenes específicos para diagnosticar bien una enfermedad, la investigación de mercados recurre a los resultados de una muestra representativa para inferir la demanda de la población objetivo a la que definió estudiar. Sus principales componentes, que se desarrollan a continuación, son los siguientes:

- Muestreo.
- Marco muestral.
- Muestra.
- Diseño de la encuesta.
- Escalas de respuesta.
- Tabulación y análisis de resultados.

Para realizar un muestreo, se debe considerar el tipo de población que se busca estudiar, la que se puede clasificar, según su tamaño, en finita o infinita. Normalmente, cualquier población por sobre 5.000 individuos, empresas o familia se considera infinita.

El marco muestral corresponde a la fuente de datos de donde se extraerá la muestra. Por ejemplo, de un censo, una cámara de comercio, una municipalidad.

La muestra, en tanto, es la parte de la población que se ha seleccionado por considerarla representativamente válida para inferir de sus resultados el comportamiento del total de la población.

La selección de la muestra se puede hacer siguiendo un procedimiento probabilístico (cualquier individuo de la población tiene la misma posibilidad de ser elegido) o no probabilístico (se elige de acuerdo con parámetros previamente definidos). El procedimiento probabilístico puede definir la muestra mediante un modelo aleatorio simple o uno estratificado.

El muestreo aleatorio simple extrae del marco muestral una muestra al azar. (En Excel, esta se puede hacer mediante el comando **Muestra**). Rosillo[2] aclara que, para productos de consumo regular, es conveniente realizar una prueba piloto, ya que el comportamiento esperado de la población tiene la forma de una distribución normal (se requiere un mínimo de 30 observaciones para considerarla normal). Por ejemplo, si la prueba se hace sobre 50 individuos, es posible tomar aleatoriamente varias muestras (por ejemplo, 30 muestras de 20 individuos cada una) y obtener la media y la varianza muestral de cada grupo de 20 individuos. (En Excel se obtienen ambas mediciones con los comandos **PROMEDIO** y **VAR**, respectivamente).

El tamaño total de la muestra dependerá del intervalo de confianza que se desee. La diferencia entre el valor promedio de la muestra en la prueba piloto y el de la población se denomina error de estimación. Estadísticamente, en una distribución normal, la media de la población más-menos una vez la desviación estándar indica que existe 68,26% de probabilidad de que la media de la población se encuentre en ese rango. Para tener una probabilidad de 95,44%, se requiere sumar y restar dos desviaciones estándar a la muestra, y para 99,74%, tres desviaciones estándar. El tamaño de la muestra para poblaciones finitas se calcula por:

$$\sigma^2 = \left(\frac{N-n}{N}\right)\left(\frac{S^2}{N}\right) \tag{3.4}$$

Donde σ^2 es la varianza; N, el tamaño de la población; n, el tamaño de la muestra, y S^2, la varianza de la muestra.

El error (E) respecto del valor promedio se obtiene de multiplicar el nivel de confianza (Z) por la desviación estándar (σ). O sea:

$$E = Z\sigma \tag{3.5}$$

$$E = Z\sqrt{\left(\frac{N-n}{N}\right)\left(\frac{S^2}{N}\right)} \tag{3.6}$$

$$n = \frac{Z^2 S^2 N}{\left(E^2 N + S^2 Z^2\right)} \tag{3.7}$$

2 Jorge Rosillo, *Formulación y evaluación de proyectos de inversión*, Bogotá, Cengage Learning, 2008, pág. 40.

En otras palabras, el tamaño de la muestra se calcula en función del nivel de confianza definido, de la varianza de la muestra y del tamaño de la población. Por ejemplo, si el nivel de confianza se define en 95,44% y el error se define en 5% con respecto a una media de la demanda diaria de 80 unidades, se concluye que existe 95,44% de probabilidad de que la demanda promedio se sitúe entre 76 y 84 unidades (80 ± 4, donde 4 es 5% de la media).

Ejemplo 3.4

Si la población objetivo se estima en 200.000 personas, si la media observada en la prueba piloto fue de 165 unidades consumidas y la varianza muestral fue 340, para un error de 2% respecto de la media y un nivel de confianza de 95,44% (Z = 2), entonces:

$$E = 2\% \text{ de } 165 = 3{,}3$$

Como S^2 = 340, entonces:

$$n = \frac{2^2(340)(200.000)}{(3{,}3^2)(200.000)+(340)(2^2)} = 124{,}81 \approx 125$$

Si una vez tabuladas las 125 encuestas, se encuentra que el promedio en el consumo fue de 182, la demanda de la población se estimaría por:

$$182 * 200.000 = 36.400.000$$

El muestreo estratificado se aplica cuando se observan subgrupos con características comunes entre ellos, pero diferenciadas entre subgrupos. Por ejemplo, cuando por niveles de ingreso, edad u objetivo de uso (turismo o negocios), los usuarios de un hotel manifiestan comportamientos diferentes.

En este caso, el tamaño de la muestra para toda la población estará determinado por:

$$n = \frac{\Sigma(NeSe)^2}{N^2\left(\frac{B^2}{Z^2}\right) + \Sigma(Ne)(Se)^2} \tag{3.8}$$

Donde Ne es el tamaño del estrato e; Se, la desviación estándar de la variable en el estrato e, y B, el error.

Para calcular el tamaño muestral de cada estrato, se recurre a una simple regla de tres:

$$n_s = n\frac{NeSe}{\Sigma(NeSe)} \quad (3.9)$$

Ejemplo 3.5

Para proyectar la demanda de un determinado producto, se realizó una prueba piloto entre familias de los estratos socioeconómicos *A*, *B* y *C*1, y se obtuvieron los siguientes resultados destinados anualmente a su consumo.

Estrato	Población (*N*)	Desviación estándar (*S*)	*NS*	$(NS)^2$	S^2	$N(s)^2$
A	844	106.344	89.754.336	8,0558E+15	1,1309E+10	9,5448E+12
B	2.873	120.560	346.368.880	1,1997E+17	1,4535E+10	4,1758E+13
*C*1	3.163	208.550	659.643.650	4,3513E+17	4,3493E+10	1,3757E+14
Total	6.880	435.454	1.095.766.866	5,6316E+17		1,8887E+14

Suponiendo un error de 20.000, el tamaño de la muestra del total de la población sería:

$$n_s = \frac{563.157.000.000.000.000}{(6.880^2)\left(\frac{20.000^2}{2^2}\right) + 188.887.200.000.000} = 114,41 \approx 115$$

De acuerdo con esto, la muestra total debe incluir 115 encuestas que se distribuyen entre cada estrato como sigue.

$$n_A = 115 * \frac{89.754.336}{1.095.766.866} \approx 10$$

$$n_B = 115 * \frac{346.368.880}{1.095.766.866} \approx 36$$

$$n_C = 115 * \frac{659.643.650}{1.095.766.866} \approx 69$$

El diseño de la encuesta es el instrumento de recolección de información. Debe ser construida de manera que se garantice que las respuestas son efectivas y válidas. Para ello, se recomienda construirla bajo las siguientes consideraciones:

- El número de preguntas debe ser lo suficientemente reducido como para no crear inconvenientes a quien deba responderlas.
- Las preguntas deben ser muy precisas y relacionadas exclusivamente con el diagnóstico que se desea obtener (existe muchas veces la "tentación" de agregar otras preguntas para "aprovechar" la encuesta, lo que puede fácilmente distraer el objetivo de esta).
- Es importante la estratificación previa de la población para determinar quiénes pueden tener una opinión fundada sobre la materia en estudio. Por ejemplo, para recopilar información sobre preferencias de los automovilistas, es necesario conocer primero quiénes tienen vehículo.
- Se debe comprobar la validez de la segmentación. Para ello, un primer grupo de preguntas debe incluir algunas como rango de edad, número de trabajadores de una empresa, rango de ingresos, sexo, posesión de un bien (vehículo), etcétera.
- De acuerdo con el objetivo de la encuesta, un segundo grupo de preguntas deben estar referidas a identificar el consumo actual del individuo. Por ejemplo, la marca que usa, el rango de precios que paga, el lugar donde compra, la frecuencia de compra y uso, y cualquier otra que permita conocer su comportamiento de compra.
- Un tercer grupo de preguntas deben tratar de medir el grado de satisfacción del individuo con la oferta actual; por ejemplo, con el precio que paga, la calidad que recibe, la presentación y el tamaño del producto, el lugar donde compra, el servicio que recibe y cualquier otra que permita conocer posibles factores de diferenciación que debería incorporar el proyecto.

En una encuesta, es frecuente combinar diversos tipos de preguntas, lo que hace necesario recurrir a varias formas simultáneas de ordenamiento de las respuestas.

Ejemplo 3.6

En un proyecto para estimar la demanda por una nueva marca de detergente para ropa, la encuesta podría contener, entre otras, preguntas como las siguientes.

SEXO: M ☐ F ☐

EDAD: 21-30 ☐ 31-40 ☐ 41-50 ☐ 51-60 ☐ 61 o más ☐

ESTADO CIVIL:____________________________

¿Usted compra el detergente de ropa? SÍ ☐ NO ☐

De las siguientes marcas de detergente, ¿cuál o cuáles usa?

ACE ____
DRIVE ____
OMO ____
RINSO ____
Otra ____

¿Con qué frecuencia compra?

Semanalmente ____
Quincenalmente ____
Mensualmente ____
Otra ____

¿Cada cuánto tiempo? ______________

¿En envases de qué tamaño compra?

200 gramos ____
500 gramos ____
1 kilo ____
3 kilos ____
Otro ____

¿Estaría dispuesta(o) a comprar otra marca? SÍ ☐ NO ☐

Según sus preferencias, ordene de 1 (más importante) a 5 (menos importante) los siguientes elementos que consideraría al comprar detergentes.

Marca	
Precio	
Tamaño del envase	
Tipo de envase	
Variedad de uso	

Las escalas de respuesta determinan la opción de formato para responder cada pregunta, de manera que permita una fácil tabulación e interpretación de los resultados. Existen básicamente dos tipos genéricos: las no paramétricas y las paramétricas.

Las escalas de respuesta no paramétricas se usan para medir cualidades, como por ejemplo preferencia de tamaño, envase, prestigio de marcas, calidades, etcétera. Estas se

clasifican, a su vez, en nominales (producto que compra el usuario, marca de televisor que tiene) y ordinales (nivel educacional, jerarquización de atributos o preferencias, nivel socioeconómico, satisfacción por el servicio de posventa).

Las escalas nominales, al referirse a categorías no comparables, no permiten establecer posiciones relativas ni hacer estadígrafos de los resultados de la encuesta. Dentro de esta categoría se puede recurrir a preguntas donde el encuestado debe jerarquizar (ordenar preferencias en una escala).

Ejemplo 3.7

En la búsqueda de los factores de preferencias que los usuarios consideran como más importantes en su decisión de elegir una determinada línea aérea respecto de siete variables, se pide jerarquizar las variables contenidas en la siguiente consigna.

Ordene de 1 (más importante) a 7 (menos importante) las siguientes variables:	
Horarios	
Tarifa	
Destinos	
Acceso salón VIP	
Acumulación de millas	
Tiempo espera en *counter*	
Alimentación en el vuelo	

La característica principal de las escalas nominales es que los atributos no son comparables dado que las categorías no son equidistantes. Por ejemplo, lo que diferencia malo de normal no es comparable con lo que diferencia normal de bueno. Lo mismo ocurre con el nivel educacional de las personas, donde la educación básica demora ocho años; la media, cuatro; la universitaria, cinco, o un posgrado, dos. Debido a esto, se hace recomendable utilizar la moda (la que tiene mayor frecuencia) como estimador.

Las escalas ordinales permiten establecer posiciones relativas de las respuestas y, aunque tampoco hacen posible el uso de estadígrafos, sí posibilitan análisis estadísticos no paramétricos, como los análisis de correlación.

Ejemplo 3.8

Para comparar la calidad del servicio de posventa de determinadas marcas de automóviles, se puede construir una tabla de respuesta del siguiente tipo.

¿Cómo calificaría el servicio de posventa de las siguientes marcas de vehículos?					
Marca	Muy malo	Malo	Normal	Bueno	Muy bueno
A					
B					
C					

El estimador que se emplea en las escalas ordinales es la mediana o el cuartil, pero no la media, debido a que las diferencias entre las preferencias no están definidas.

En cuanto a las escalas de respuesta paramétricas, se recurre a ellas para medir cantidades continuas y específicas, como por ejemplo unidades compradas mensualmente. Estas se clasifican en intervales y proporcionales.

Las escalas intervales se usan para determinar la frecuencia absoluta o relativa dentro de intervalos definidos. Por ejemplo, número de veces que el individuo cena en un restaurante, número de cigarrillos que fuma al día, número de integrantes del grupo familiar o de trabajadores de una empresa, entre otros.

Ejemplo 3.9

En un estudio para caracterizar al cliente de los supermercados, una pregunta típica de escala interval es la siguiente.

¿Cuál es su gasto mensual de compras en un supermercado?	
Menos de $10.000	
Entre $10.000 y $30.000	
Entre $30.000 y $50.000	
Entre $50.000 y $100.000	
Entre $100.000 y $200.000	
Más de $200.000	

Las escalas proporcionales se aplican generalmente a muestras grandes donde es factible realizar análisis con niveles de confianza (Z). Los intervalos de respuestas posibles se expresan como una proporción.

Ejemplo 3.10

En el estudio del mercado del destino del ingreso familiar, una pregunta en escala proporcional sería la siguiente.

¿Qué cantidad de su ingreso mensual destina al ahorro?	
0%	
Entre 0% y 5%	
Entre 5% y 10%	
Entre 10% y 15%	
Entre 15% y 20%	
Más de 20%	

Tanto en las intervales como en las proporcionales, la media y la varianza son los estadísticos que mejor sirven como estimadores del comportamiento.

En cuanto a la tabulación y análisis de resultados, para facilitar el análisis de las respuestas es preciso darles un ordenamiento. Una forma de hacerlo es mediante la elaboración de un cuadro de frecuencias, tanto absoluta (cantidad de veces que una respuesta se repite) como relativa (porcentaje de veces que una respuesta se repite).

Ejemplo 3.11

En el estudio de la viabilidad de un proyecto inmobiliario de viviendas de descanso rurales de fin de semana, se observaron las siguientes respuestas por sexo, donde se podía elegir solo una preferencia.

	Frecuencia absoluta por sexo		Frecuencia absoluta total	Frecuencia relativa por sexo		Frecuencia absoluta total
	Femenino	Masculino		Femenino	Masculino	
Precio parcelas	2	16	18	0,054	0,271	0,188
Urbanización de lujo	12	1	13	0,324	0,017	0,135
Cercanía	3	10	13	0,081	0,169	0,135
Fácil acceso	5	12	17	0,135	0,203	0,177
Privacidad	1	12	13	0,027	0,203	0,135
Seguridad	10	6	16	0,270	0,102	0,167
Otros	4	2	6	0,108	0,034	0,063
Total	37	59	96	1,000	1,000	1,000

El ejemplo anterior es el típico caso del estudio de una variable cualitativa. Cuando las variables son cuantitativas y continuas (edades entre 16 y 78 años, por ejemplo), lo

mejor es trabajar con rangos o intervalos. El procedimiento para ello consta de cuatro pasos, aunque en ocasiones especiales se recomienda un quinto paso.

1. **Cálculo del rango total:** se utiliza la siguiente ecuación.

$$R_t = O_{mx} - O_{mn} \tag{3.10}$$

Donde R_t es el rango total; O_{mx}, el valor máximo observado entre las respuestas, y O_{mn}, el valor mínimo observado entre las respuestas.

Si las edades fluctuaron entre los 18 y 78 años, entonces:

$$R_t = 78 - 18 = 60$$

2. **Determinación del número de intervalos óptimo:** cuando las observaciones son pocas, se calcula por:

$$I_C = \sqrt{n} \tag{3.11}$$

Donde I_C es el intervalo de clase y n es el número de respuestas.

Cuando son muchas las observaciones, se usa la regla de Sturges:

$$I_C = 1 + 3{,}3\log(n) \tag{3.12}$$

Reemplazando los datos del ejemplo en las fórmulas anteriores, resultan, respectivamente:

$$I_C = \sqrt{96} = 9{,}7979$$

$$I_C = 1 + 3{,}322\log(96) = 7{,}5851$$

Considerando que el número de observaciones es reducido, se definirán 10 intervalos.

3. **Definición de la amplitud del intervalo:** se obtiene dividiendo el rango total por el número de intervalos:

$$A_I = \frac{60}{10} = 6$$

Donde A_I es la amplitud del intervalo.

4. **Determinación del valor de cada intervalo:** se agrega la amplitud al valor más bajo y a cada uno de los calculados.

Edad	Cantidad de personas	Marcas de clase
24-30		27
30-36		33
36-42		39
42-48		45
48-54		51
54-60		57
60-66		63
66-72		69
72-78		75

La columna **Marcas de clase** que se agregó al final corresponde al promedio del intervalo y se utiliza como valor representativo del intervalo cuando se van a calcular algunos estadísticos como la media o la desviación estándar. Esto correspondería al quinto paso.

Al tabular los resultados, es importante definir medidas descriptivas para esquematizar los resultados de la encuesta, las que pueden clasificarse de diversas formas, entre las que se destacan medidas de tendencia central, como la media aritmética simple (promedio de respuesta), la media aritmética ponderada (por ejemplo, la cantidad promedio de compras efectuadas por los hombres multiplicada por el porcentaje de varones encuestados, más el promedio de compras de las mujeres multiplicado por su porcentaje) y la media geométrica (cuando los datos obtenidos corresponden a variaciones porcentuales). La media geométrica se calcula por:

$$\bar{x}_g = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^{n}\left(1+x_i\right)} - 1 \qquad (3.13)$$

Donde $\bar{x}_g$ es la media geométrica; *i*, cada observación, y *n*, el número de observaciones.

Ejemplo 3.12

Si la tasa de crecimiento de la población infantil en una zona rural se ha incrementado 2,2% hace cuatro años, 3,6% hace tres años, 3,4% hace dos años y 3,8% el último año, la media geométrica sería:

$$\overline{x}_g = \sqrt[4]{1{,}022 * 1{,}036 * 1{,}034 * 1{,}038} - 1 = 0{,}0325 = 3{,}25\%$$

Aunque se recurre muy frecuentemente a la media aritmética simple, cuando existen valores muy altos junto con otros muy bajos, se recomienda utilizar la mediana (valor central, donde 50% de los datos observados están debajo de la mediana y el otro 50% de los datos están por sobre ella) o la moda (valor que más veces se respondió en la encuesta).

Si bien la variable que más se analiza en el estudio del mercado de un proyecto es el consumidor, hay veces en que los proveedores, distribuidores o competidores pueden ser tanto o más importantes que ellos en el éxito de una inversión. Sin embargo, el estudio del consumidor es inevitable. Una de las tantas cosas que se deben saber antes de hacer la investigación acerca de sus comportamientos, deseos, estímulos, etc., es que los potenciales clientes para un mismo producto pueden ser muy distintos en su personalidad, incluso dentro de un mismo segmento del mercado. Por ejemplo, existe el cliente dominante, que sabe o cree saber lo que quiere e impone su opinión; el cliente influenciable, al que le gusta que le recomienden y acepta gustoso que le expliquen o clarifiquen los atributos del producto; el cliente analítico, que, además de informarse, compara entre distintos productos, marcas, locales de venta, precios, etc., y después compra; y el cliente emocional, que reacciona frente a estímulos como la publicidad, un complemento promocional o un envase, entre muchas otras cosas. Al hacer la investigación de mercados, debe tenerse presente que todos ellos deben estar incorporados en la muestra, de manera que se pueda prever, por ejemplo, el costo de una campaña promocional o una capacitación a los vendedores.

3.2.3 Predicción tecnológica

La predicción tecnológica es un método que incentiva la capacidad de anticipar el desarrollo de nuevas tecnologías o productos y el impacto que podrían tener en el mercado específico de la empresa. Casos típicos son la posibilidad de introducir el gas en sustitución del petróleo en diversos procesos productivos, la comunicación inalámbrica o el desarrollo de nuevos insumos para la construcción. El método trata de prever un ciclo de vida y anticipar una curva de sustitución para definir la oportunidad del reemplazo de un mercado, un producto, insumo o tecnología, con la antelación suficiente para no tener que enfrentar los costos de la improvisación o de la decisión reactiva a un hecho consumado.

Los principales supuestos del método son que, cuando aparece una innovación tecnológica, los rendimientos (aumento de productividad o reducción de costos) crecientes terminarán por dejar obsoleta a la tecnología actual y que, cuando se inicia la incorporación de la nueva tecnología, el proceso sustitutivo es irreversible hasta desplazar a la antigua. Por ejemplo, esto se ha observado en el pasado con la luz eléctrica en reemplazo de las lámparas a petróleo, el material sintético en vez del natural o las ventanas de aluminio en vez de las de hierro.

El método requiere un seguimiento permanente de toda innovación que se empiece a introducir en el mercado para que, mediante análisis comparado de la tasa de adopción de tecnologías similares en el pasado, se defina el ciclo de vida que se estima más probable en función de algún indicador de desempeño.

Esta misma técnica se utiliza para predecir cambios estructurales en la función de ventas de productos nuevos. Cuando una empresa evalúa, por ejemplo, introducir en el mercado un nuevo producto que significa un fuerte cambio tecnológico, es posible que la tendencia del consumo histórico se altere durante el periodo en que el consumidor que disponía de la tecnología anterior la sustituye por la nueva. Sin embargo, una vez cubierta la demanda de sustitución, las ventas bajan para continuar con la proyección de la tendencia histórica, la que se explica por el crecimiento natural del mercado o por la sustitución normal derivada del desgaste del producto.

Como se ha expuesto, las técnicas cuantitativas proporcionan información relevante a la plana ejecutiva de las empresas; no obstante, en las decisiones importantes prima el juicio de quien debe tomar la decisión. Por esto, es común que las técnicas cuantitativas se complementen con las cualitativas y con el criterio del decisor.

Preguntas y problemas

3.1 ¿Qué son los pronósticos y cómo se deben considerar?

3.2 ¿Qué comportamiento caracteriza a la demanda de productos innovativos?

3.3 ¿Cuáles son las categorías generales de técnicas de predicción y cuándo debe usarse cada una de ellas?

3.4 ¿En qué consisten los modelos causales de pronóstico?

3.5 Interprete la siguiente función de tendencia de la demanda de atenciones geriátricas si x es la cantidad de adultos mayores de una comuna: $Y = 314 + 2{,}07x$.

3.6 ¿Qué indican los conceptos de regresión y residuo en el resumen de resultados de la regresión del Excel?

3.7 ¿Cómo se interpreta un coeficiente de determinación cercano a 1?

3.8 ¿Cómo se interpreta un coeficiente de determinación cercano a −1?

3.9 ¿Qué busca determinar una prueba de hipótesis?

3.10 ¿Para qué se utiliza el estadístico F?

3.11 ¿A qué se denomina una relación espuria?

3.12 ¿Qué son los modelos de series de tiempo?

3.13 ¿Cómo se pueden clasificar las fluctuaciones de las observaciones pasadas?

3.14 ¿En qué consisten los métodos analógicos?

3.15 ¿Cuáles son las técnicas cualitativas de predicción y cuándo se usan?

3.16 ¿En qué consiste el método Delphi?

3.17 ¿Qué diferencia a los métodos Delphi y de consenso de panel?

3.18 Explique el concepto de análisis prospectivo.

3.19 ¿En qué consiste la investigación de mercados?

3.20 ¿Qué es un muestreo?

3.21 ¿Qué es un marco muestral?

3.22 ¿Qué diferencia a un muestreo probabilístico de uno no probabilístico?

3.23 ¿Qué es un muestreo aleatorio simple?

3.24 ¿Qué es un muestreo estratificado?

3.25 Indique cómo se clasifican los tres grupos de preguntas básicas que debe contener un cuestionario.

3.26 ¿Qué son las escalas de respuesta paramétricas de una encuesta?

3.27 ¿Qué son las escalas de respuesta no paramétricas de una encuesta?

3.28 ¿Qué diferencia a las escalas nominales de las ordinales?

3.29 ¿Qué diferencia a las escalas intervales de las proporcionales?

3.30 Explique los conceptos de rango total, intervalos, amplitud del intervalo, valor del intervalo y marcas de clase.

3.31 ¿En qué consisten y cuáles son las medidas de tendencia central?

3.32 ¿Qué es y cómo se calcula la media geométrica?

3.33 ¿Cómo se clasifican y qué diferencia a los distintos tipos de clientes?

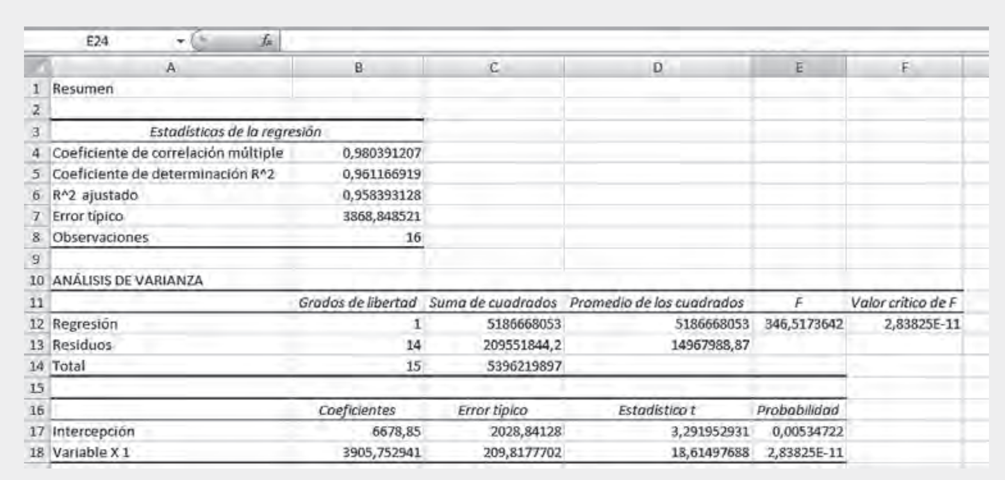
3.34 Explique el método de predicción tecnológica.

3.35 En el estudio del mercado para introducir un nuevo detergente para lavavajillas se requiere proyectar las ventas para 10 años a partir de 2012. Según estimación de los vendedores, un 37% de los actuales consumidores estarían dispuestos a comprar el nuevo detergente. Cada caja (1 litro) de detergente dura en promedio dos meses y su precio de venta unitario será de $2.000. Las familias que tienen lavavajillas han aumentado de la forma que se muestra en la siguiente tabla.

Año	Lavavajillas
1994	18.408
1995	18.447
1996	20.667
1997	21.198
1998	22.778
1999	25.276
2000	30.045
2001	33.098
2002	39.848
2003	42.414
2004	47.851
2005	54.599
2006	58.349
2007	62.990
2008	69.344
2009	72.732

Estime los ingresos por venta de detergente a partir del año 2012, en un horizonte de 10 años. (Se recomienda hacerlo por los tres métodos).

3.36 Explique los resultados de la regresión del siguiente cuadro, si la variable x corresponde al año (1995 a 2010, donde 1995 = 1) e Y corresponde a las ventas en cantidades.



E24

	A	B	C	D	E	F
1	Resumen					
2						
3	*Estadísticas de la regresión*					
4	Coeficiente de correlación múltiple	0,980391207				
5	Coeficiente de determinación R^2	0,961166919				
6	R^2 ajustado	0,958393128				
7	Error típico	3868,848521				
8	Observaciones	16				
9						
10	ANÁLISIS DE VARIANZA					
11		*Grados de libertad*	*Suma de cuadrados*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Valor crítico de F*
12	Regresión	1	5186668053	5186668053	346,5173642	2,83825E-11
13	Residuos	14	209551844,2	14967988,87		
14	Total	15	5396219897			
15						
16		*Coeficientes*	*Error típico*	*Estadístico t*	*Probabilidad*	
17	Intercepción	6678,85	2028,84128	3,291952931	0,00534722	
18	Variable X 1	3905,752941	209,8177702	18,61497688	2,83825E-11	

3.37 En una ciudad del norte del país, un estudiante recopiló información de la cantidad de pacientes enfermos de sida, pensando que ello se explicaría por la cantidad de personas que asisten al cine en la ciudad.
Los resultados se muestran en la tabla siguiente.

Año	Enfermos de sida	Entradas al cine
1986	2.150	303.710
1987	2.100	305.030
1988	2.200	398.760
1989	2.210	306.340
1990	2.220	318.230
1991	2.300	345.190
1992	2.590	390.370
1993	2.640	413.430
1994	2.660	404.600
1995	2.400	366.840
1996	2.010	312.580
1997	2.100	313.480
1998	2.030	281.710
1999	2.000	295.350
2000	2.110	298.160
2001	2.060	297.940
2002	2.140	304.840
2003	2.220	323.810
2004	2.360	339.260
2005	2.570	390.920
2006	2.730	428.780
2007	2.680	414.160
2008	2.360	373.220
2009	2.230	316.530
2010	2.120	307.500

Calcule los estadísticos correspondientes y explique su conclusión.

3.38 Para una población objetivo de 180.000 familias, una prueba piloto concluyó que el consumo promedio de cajas de jugo era de 144 unidades anuales, con una varianza muestral de 310. Para un error de 2% respecto de la media, calcule los tamaños de la muestra para los niveles de confianza de 95,44% y 99,74%.

3.39 Una prueba piloto para estimar el tamaño de la muestra arrojó los siguientes resultados.

Grupo etario	Población	Desviación estándar
18-35	86.320	13.345
36-55	79.880	22.620
Más de 55	68.150	8.432

Para un error de 1.200 y un nivel de confianza de 95,44%, determine el tamaño de la muestra total y por estrato.

3.40 Calcule el número de intervalos de clase para tabular el resultado de una encuesta realizada a 52 individuos.

3.41 Si el número de datos fuese 2.370, calcule el número de intervalos óptimo.

3.42 Con la tasa de crecimiento de adultos mayores jubilados de los últimos años que se muestra en la siguiente tabla, calcule la media geométrica.

Año	Tasa anual de crecimiento (%)
1999	1,31
2000	1,27
2001	1,33
2002	1,34
2003	1,39
2004	1,10
2005	1,62
2006	1,78
2007	1,96
2008	1,92
2009	2,13
2010	2,27

Capítulo 4

Estudio técnico del proyecto

El estudio de la viabilidad técnica analizado en el Capítulo 1 busca determinar si es físicamente posible hacer el proyecto. El objetivo del estudio técnico que se hace dentro de la viabilidad económica de un proyecto, y al cual se refiere este capítulo, es netamente financiero. Es decir, calcula los costos, inversiones y beneficios derivados de los aspectos técnicos o de la ingeniería del proyecto. Para ello, en este estudio se busca determinar las características de la composición óptima de los recursos que harán que la producción de un bien o servicio se logre eficaz y eficientemente. Para esto, se deberán examinar detenidamente las opciones tecnológicas que es posible implementar, así como sus efectos sobre las futuras inversiones, costos y beneficios. El resultado de este estudio puede tener mayor incidencia que cualquier otro en la magnitud de los valores que se incluirán para la evaluación. Por tal motivo, cualquier error que se cometa podrá tener grandes consecuencias sobre la medición de la viabilidad económica.

Frecuentemente, quien evalúa el proyecto no es la persona que más conoce de sus aspectos técnicos. Por el contrario, quienes se consideran expertos en evaluación son (somos), por lo general, ignorantes de una gran cantidad de aspectos vinculados con la ingeniería y el funcionamiento de muchos proyectos. A este respecto, una forma de reducir los errores u omisiones que podría generar este desconocimiento técnico operativo del negocio se basa en la sistematización de toda la información, encargada

la mayoría de las veces a terceros, relacionada con el proceso de prestación de un servicio o la fabricación de un producto para lograr la cuantificación de todos los recursos involucrados en cada una de sus etapas. Igual que un agrónomo detallará los componentes para el tratamiento de tierras que aumenten su rendimiento, un médico deberá definir la combinación de equipos para atender una determinada prestación en su área de especialidad; un ingeniero calculista, los requerimientos para una construcción; o un mecánico, el perfil de su personal de apoyo. El evaluador podrá comprobar su validez, también con terceros, o confiar en la información recibida. Con ella podrá valorar los activos, cotizar el valor de los insumos o definir el nivel de las remuneraciones.

Un proceso productivo bien definido permitirá determinar los requerimientos de obras físicas, maquinaria y equipos, su vida útil, los recursos humanos y los recursos materiales, los cuales deberán ser cuantificados monetariamente para proyectar los flujos de caja que posibilitarán las evaluaciones posteriores. La cantidad de estos activos e insumos determinará la cuantía de las inversiones iniciales y de reposición, y los costos de operación directa o indirecta (como los de mantenimiento y seguros). La distribución de los equipos en planta determinará la inversión en construcciones para la fábrica, el bodegaje, los patios de movimiento de carga y vehículos, etcétera.

Cuando el proyecto es de creación de una nueva empresa, se hace conveniente calcular el efecto económico de cada componente que permitirá hacer funcionar al proyecto. Una manera de recolectar esta información es recurriendo a unos formularios especiales denominados balances. Para simplificar, el ordenamiento de todo tipo de equipamiento se denominará balance de equipos. Aunque a continuación se presenta la forma de recolección de la información mediante un solo cuadro, lo más probable es que se deba elaborar una gran cantidad de ellos –todos con la misma estructura– para facilitar el proceso de identificación de los ítems mediante el estudio desagregado de cada cuadro. Así, por ejemplo, existirán balances de maquinaria de mantenimiento, de mobiliario de las bodegas, de pañoles de herramientas y de vehículos, entre muchos otros.

La conveniencia de separar la información se explica porque la gran diversidad de activos que se podría requerir hace que muchas veces se omitan algunos que individualmente pueden no ser significativos, pero que sumados sí lo son. Es frecuente, por ejemplo, encontrar un excelente detalle del instrumental y el equipamiento médico de una unidad de atención ginecológica, donde se omite el teléfono, las sillas o la computadora. Un criterio es diferenciar entre equipos de carácter productivo, de oficina, de atención al público y de servicios (aseo, lavandería, mantenimiento o alimentación). En cada uno de estos se diferenciará, a su vez, entre maquinarias, vehículos y mobiliario, todos los cuales también se podrán separar por área de especialidad, piso o sucursal. Obviamente, cada proyecto tendrá un desagregado diferente. Si el equipo de comunicaciones fuese muy complejo, podrá ser conveniente hacer un balance especial, y si se considera tener un solo vehículo, no será necesario construir un balance de vehículos.

Todos estos balances tienen la misma estructura y se componen de tres partes principales:

1. La identificación de cada ítem, su cantidad y su costo.

2. La vida útil que permita estimar las inversiones de reposición de cada activo.

3. El valor de liquidación de cada activo al final de su vida útil. Como se verá más adelante, podrá haber consideraciones adicionales a las meramente técnicas para determinar la sustitución de los activos, como las de carácter económico o comercial.

Los costos contables y sus implicancias sobre los costos tributarios serán tratados especialmente, pues constituyen, en general, un factor decisivo en el resultado de la evaluación, particularmente en aquellos países con alta tasa impositiva.

El término "costo" tiene muchas acepciones distintas, dependiendo del tipo de decisión que se quiera tomar, aunque la definición más adecuada para el análisis de inversiones es la que lo considera como la reducción en dinero que implica comprometer este recurso para una opción particular de negocios, antes de calcular el beneficio que ella reporta. En este sentido, el concepto de costo involucra la totalidad de egresos ocasionados por una alternativa, ya sea que se derive de una inversión, un gasto de operación o un costo de oportunidad.

Un costo de oportunidad corresponde al beneficio dejado de percibir cuando se abandona la opción de usar los recursos en otra oportunidad de negocios de la empresa. Por ejemplo, si un proyecto de ampliación requiere hacer uso de una bodega desocupada, no puede considerarse ni un costo cero, ni una inversión a costo de construcción, ni su valor contable para valorizarlo. Lo que corresponde es asignarle como costo el mayor valor entre la posibilidad de vender la bodega, alquilarla o usarla en otra opción, es decir, el mejor costo alternativo de ella.

Cuando el proyecto que se evalúa es para una empresa en funcionamiento, como los de ampliación o reemplazo, es frecuente recurrir a estándares que simplifican el cálculo de estos costos. Este capítulo analiza, primero, la manera de usar los formularios que permiten calcular los costos, inversiones y beneficios asociados a la ingeniería del proyecto, y después expone los criterios simplificados de uso de estándares.

4.1 Balance de equipos

La primera inversión que se debe calcular incluye a todos los activos físicos necesarios para asegurar el correcto funcionamiento del proyecto. En esta etapa no interesa definir si convendrá obtenerlos mediante una compra, un *leasing* o un arriendo normal, ya que su objetivo es recolectar información. En caso de existir más de una opción tecnológica de solución, se tendrán que elaborar balances diferenciados para cada una de ellas, con objeto de evaluarlas económicamente para optar por la más conveniente. La estructura típica de este balance se muestra en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 ***Balance de equipos***

Balance de equipos						
Ítem	Cantidad (unidades)	Costo unitario ($)	Costo total ($)	Vida útil (años)	Valor de liquidación ($)	Ingreso total ($)
Tractor TL80	1	$30.000	$30.000	8	$1.000	$1.000
Pulverizador	2	$400	$800	4	$100	$200
Arado de vertedera	1	$5.000	$5.000	10	$500	$500
Motobomba	1	$1.200	$1.200	6	$2.000	$2.000
Carro esparcidor	1	$7.000	$7.000	8	$1.200	$1.200
Carro remolque	1	$3.000	$3.000	8	$200	$200

Las primeras dos columnas deben estar íntimamente relacionadas y explicadas en un anexo o apartado especial donde se demuestre que, con esa configuración de equipos y en la cantidad ahí señalada, es posible atender los niveles de operación estimados. Generalmente, el balance de equipos es realizado por un experto en el tema y se adjunta como un documento que deja manifiestas la autoría y la responsabilidad de quien lo hizo. De igual manera, los antecedentes de costos de la tercera columna se deben respaldar con cotizaciones o con la explicación de la forma de cálculo empleada. El total de la inversión por ítem se obtiene de multiplicar la segunda columna y la tercera.

La vida útil técnica se expresa en años y se anota en la quinta columna, aunque se deben considerar los estándares de medición usados para ello: kilómetros recorridos, unidades producidas, horas de funcionamiento, etcétera. Por ejemplo, si un vehículo se sustituye con un recorrido de 300.000 kilómetros y recorre en promedio 60.000 kilómetros anuales, su vida útil técnica se proyectará en cinco años. Si el proyecto considera tres y no un vehículo, el promedio de vida de cada uno será con seguridad superior a solo uno.

En algunos casos, es posible usar un criterio distinto del técnico para definir esa vida útil: el comercial (que por imagen corporativa recomienda sustituir antes un mobiliario); el contable (en el que las dificultades de calcularla por otro método hacen conveniente asumir que coincide con el plazo de depreciación contable de los activos) y el económico (que calcula el momento óptimo económico del reemplazo).

El contable solo debe usarse cuando el valor de los activos es poco significativo en el total de la inversión, por lo que un error al calcular cada cuánto tiempo deben reemplazarse no alterará la rentabilidad del proyecto. Por ejemplo, si en la evaluación de un negocio turístico el valor de las computadoras equivale a 0,3% del total de la inversión, pronosticar su reemplazo un año antes o uno después de lo real no impactará el resultado de la evaluación. Sin embargo, si el negocio fuese de prestación de servicios informáticos, donde 40% de la inversión corresponde a computadoras, sin duda que la rentabilidad se

verá afectada. La determinación de la vida útil económica se explica en el Capítulo 12, en conjunto con otros métodos para optimizar las variables controlables de la inversión.

A nivel de perfil o prefactibilidad simple, es usual considerar la suma de las inversiones como un monto único de desembolso inicial. Sin embargo, lo correcto es elaborar un calendario de inversiones previas a la puesta en marcha que refleje el momento en que cada activo se pagó, para poder aplicar el costo de oportunidad a los recursos que quedan inmovilizados en distintos periodos. Este tema se desarrolla con detalle en el Capítulo 6.

Al final de su vida útil, el activo puede tener algún valor, ya sea por la posibilidad de venderlo o por la de usarlo en otra actividad. Aunque no es fácil establecer por anticipado ese valor, es necesario asignarle un monto, ya que puede ser determinante en la cuantificación de los beneficios del proyecto.

El precio de liquidación unitario y el ingreso total de cada ítem se anotan, respectivamente, en la sexta columna y en la séptima, tal como se muestra en la Tabla 4.1. Las metodologías para calcular el valor de venta del activo usado se desarrollan con detalle en el Capítulo 7.

Con la información del balance de equipos se determinará el total de inversiones previas a la puesta en marcha –que correspondería a la suma de los valores de la cuarta columna ($47.000)– y se construirán dos calendarios de flujos importantes para la evaluación: un calendario de inversiones de reposición y un calendario de ingresos por venta de activos durante el horizonte de evaluación del proyecto que, generalmente, es de 10 años, aunque más adelante se define el criterio de fijación del horizonte de evaluación.

Manteniendo el supuesto de un horizonte de evaluación de 10 años, el calendario de inversiones de reposición quedaría como se muestra en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2 ***Calendario de inversiones de reposición***

Calendario de inversiones de reposición										
Ítem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tractor TL80								$30.000		
Pulverizador				$800				$800		
Arado de vertedera										$5.000
Motobomba						$1.200				
Carro esparcidor								$7.000		
Carro remolque								$3.000		
Total				$800		$1.200		$40.800		$5.000

Este calendario permite disponer de una información complementaria que, aunque necesaria para toda evaluación, no siempre se incluye: el monto de las inversiones futuras que hacen posible mantener la capacidad operativa del negocio. No se puede suponer que es posible mantener el nivel de actividad (y de los ingresos) sin reponer los activos al final de su respectiva vida útil, por lo que estas reinversiones, así como aquellas necesarias para una eventual ampliación, siempre deben ser consideradas en la evaluación del proyecto.

Nótese que al término del horizonte de evaluación (que por ahora se supondrá de 10 años) se incluyó el valor de reposición del arado de vertedera. Esto debe ser así porque la vida del proyecto es, en la mayoría de los casos, superior al horizonte de evaluación y, por lo tanto, necesitará de ese activo para seguir funcionando del undécimo año en adelante.

La mayoría de las veces que se va a evaluar un proyecto, la tecnología y la configuración de los equipos ya están decididas. Sin embargo, es importante considerar una serie de variables para asegurar una selección adecuada del equipo y del proveedor:

- **La identificación de todos los proveedores pertinentes**, para comparar las cotizaciones y las calidades del servicio de venta y posventa.
- **Las características y dimensiones de los equipos**, para determinar la viabilidad técnica de su instalación en el lugar previsto o el requerimiento del espacio y la obra física que se deberá construir o reacondicionar.
- **Las capacidades de diseño**, para no optar por un equipo sobre o subdimensionado, que podría generar cuellos de botella o tener exceso de capacidad ociosa.
- **El grado de flexibilización del uso de los equipos**, para adecuarse a niveles de operación y procesos cambiantes.
- **El nivel de especialización y calificación del personal**, para estimar el costo de las remuneraciones o la inversión en su capacitación.
- **La tasa de crecimiento de sus costos –mantenimiento y operación– y su vida útil**, para determinar si conviene optar, por ejemplo, por una tecnología más cara pero con un plazo de reposición mayor.
- **La necesidad de equipos auxiliares.**
- **El costo de instalación y puesta en marcha.**
- **Las garantías y el servicio técnico de posventa.**

4.2 Balance de obras físicas

Conocidas la cantidad de equipos y su distribución física más adecuada, se pueden determinar los requerimientos de espacios para su instalación, así como los de los lugares para bodegaje, salas de descanso o alimentación para el personal, vías de tránsito, salas de espera, baños, estacionamientos, casetas de vigilancia, etcétera. Además de la inversión necesaria en construcción soportante de los ítems anteriores, el proyecto por lo general presenta una gran variedad de obras físicas, muchas de las cuales son omitidas por falta de prolijidad en el análisis, como la reparación de caminos, la construcción de vías de acceso interiores (peatonales y de vehículos), cercos, casetas de control de accesos, estacionamientos para clientes, jardines, bodegas para materiales de aseo, techumbre en lugares de carga de vehículos, sala cuna para los hijos de los trabajadores (si correspondiera), comedores, etcétera.

El dimensionamiento de los espacios físicos requeridos para acciones médicas, por ejemplo, se basa en la idea de una distribución óptima de los equipos, lo que debe tomar en cuenta la reducción al mínimo de los costos de manejo de pacientes e insumos, así como la posibilidad de maximizar la efectividad del trabajo con una agrupación secuencial de tareas propiamente médicas.

Las bases de cálculo de las áreas construidas deben incluir también otros factores como los siguientes:

- Área de ingreso de proveedores.
- Recepción de materiales, volumen de maniobra, frecuencia de la recepción, exigencias para la manipulación y formas de recepción de los insumos.
- Bodegaje para insumos generales y de aquellos productos o insumos que requieran condiciones especiales de almacenamiento.
- Servicios auxiliares como central de calefacción, sala de mantenimiento interno de equipos, cocina, baños, etcétera.
- Oficinas administrativas, salas de espera, central de datos y guardarropa del personal, entre muchas otras dependencias.

Igual que en el caso de los equipos, es conveniente elaborar un balance de obras físicas que obligue a especificar y costear cada ítem de construcción, ya que la unidad de medida de su característica de construcción –o especificación técnica– es totalmente diferente para cada uno de ellos. Por ejemplo, un metro lineal del camino de acceso de transeúntes tendrá características de resistencia, grosor y costo muy distintas de las de los vehículos y estas, a su vez, probablemente serán distintas de las de los estacionamientos. De igual forma, el costo de una caseta de vigilancia será muy diferente si es de madera, albañilería o fibra de vidrio.

La estructura de un balance de obras físicas, que se usa a nivel de prefactibilidad, se muestra en la Tabla 4.3. Solo con fines didácticos se ha simplificado la cantidad de ítems que suelen encontrarse en un proyecto, y su selección se ha hecho buscando la diversidad más que la coherencia. Obviamente, este balance debe ser realizado por un experto y no por el evaluador, salvo que coincidentemente sea un experto en el tema.

Tabla 4.3 ***Balance de obras físicas***

Balance de obras físicas					
Ítem	Unidad de medida	Especificación técnica	Tamaño	Costo unitario ($)	Costo total ($)
Edificio institucional	m^2	Hormigón	12.000 m^2	$20	$240.000
Estacionamientos	m^2	Hormigón	2.600 m^2	$6	$15.600
Bodegas	m^2	Estructura metálica	500 m^2	$16	$8.000
Caseta de vigilancia	unidad	Fibra de vidrio	2 unidades	$60	$120
Cercos	ml[1] * 2,20 m de alto	Pandereta	220 ml	$4	$880
Accesos peatonales	Caja 10 unidades	Baldosa	520 cajas	$2	$1.040
Lavandería	m^2	Albañilería	400 m^2	$9	$3.600

La suma de los valores de la última columna corresponde a la inversión estimada en obras físicas o construcciones. Aquellas obras físicas que se arrienden en vez de comprarse o construirse no se incluyen en el balance anterior, sino que se incorporarán como gasto operativo del proyecto. De acuerdo con la proyección de los niveles de actividad, se podrá considerar una inversión suficiente para atender las producciones iniciales, más otras en ampliaciones futuras para enfrentar un eventual crecimiento o definir una inversión inicial capaz de responder al crecimiento proyectado de la actividad. En este caso, lo más probable es que existan economías de escala en la construcción –con lo que se reduce la inversión total en el proyecto–, pero se enfrenten costos de operación mayores inicialmente, por mantener una capacidad instalada ociosa o desocupada.

4.3 Balance de personal

La forma más eficiente de calcular el costo del recurso humano es desagregando al máximo las funciones y tareas que se deben realizar en la operación del proyecto, con objeto de definir el perfil de quienes deben ocupar cada uno de los cargos identificados y de calcular la cuantía de las remuneraciones asociadas con cada puesto de trabajo. Para esto, lo usual es especificar todas las actividades productivas, las comerciales, administrativas y de servicio.

1 En este caso, abreviatura de metros lineales, pero también corresponde a mililitros, como se usa más adelante.

Dependiendo de la magnitud del proyecto, podrá ser necesario desagregar cada una de estas clasificaciones hasta tener la certeza de haber minimizado el error en su estimación.

La importancia de las remuneraciones en la estructura total de costos del proyecto dependerá de una gran cantidad de factores, como el grado de automatización, el nivel tecnológico de los procesos y la situación general del mercado laboral. Suele ocurrir que mientras mayor es el nivel tecnológico, menor cantidad de personal se requiere, aunque probablemente mayor remuneración unitaria.

Un proyecto que incorpora una tecnología de manga neumática para el transporte de biopsias en forma rápida, entre el pabellón y el servicio de anatomía patológica de un hospital, probablemente requerirá menos personal que si hace dicho transporte manualmente, como en la actualidad. Sin embargo, el costo total en remuneraciones será más alto por la mayor especialización exigida al personal que manejará la manga neumática.

El balance de personal incorpora las estructuras de remuneraciones fijas, incluyendo gratificaciones, leyes sociales, bonos de alimentación y movilización, y costos de turnos especiales. Como se muestra en la Tabla 4.4, este balance consta de cuatro columnas que deben explicitar el cargo, la cantidad de puestos en cada cargo, la remuneración mensual unitaria de cada puesto y la remuneración mensual total. La suma de los valores de la última columna corresponde a la proyección de los costos en remuneraciones estimadas para un año con un nivel de actividad predeterminado.

El balance de personal se deberá repetir tantas veces como sea necesario, de acuerdo con la variedad y la magnitud de las actividades que se deberán desarrollar. En una empresa productiva muy grande, por ejemplo, se podría justificar hacer un balance de personal de aseo u otro de mantenimiento preventivo de equipos.

De igual manera, si el proyecto presenta claras características de que la producción irá variando con el tiempo (por ejemplo, en función de la penetración en el mercado), será necesario confeccionar varios balances, uno para cada uno de los niveles de actividad esperados. El nivel de actividad se define como el intervalo de unidades producidas donde la estructura de personal se mantiene constante.

La información así obtenida se debe complementar con las remuneraciones de carácter variable, como los honorarios por prestación médica y toma de muestras, por bonos de productividad o por comisiones de ventas, entre otros.

Tabla 4.4 ***Balance de personal***

Balance de personal			
Cargo	Número de puestos	Remuneración mensual	
		Unitaria ($)	Total ($)
Médico	2	$3.600	$7.200
Enfermera	2	$2.100	$4.200
Kinesiólogo	4	$2.300	$9.200
Terapeuta ocupacional	5	$2.200	$11.000
Nutricionista	1	$2.200	$2.200
Asistente social	1	$2.200	$2.200
Psicólogo	1	$2.500	$2.500
Foniatra (1/4 jornada)	1	$600	$600
Técnicos paramédicos	7	$900	$6.300
Podólogos	1	$900	$900
Chofer	2	$900	$1.800
Secretaria clínica	2	$900	$1.800
Auxiliar de servicio	5	$500	$2.500
Manipulador de alimentos	1	$800	$800
Auxiliar de portería	1	$700	$700
Total mensual			$53.900
Total anual			$646.800

4.4 Balance de insumos

La estimación de los costos de los insumos que se utilizarán en el proceso de producción, embalaje, distribución y venta tiene la dificultad de depender de la configuración de los tipos y de la cantidad de productos que se pronostique elaborar.

En una clínica, por ejemplo, un procedimiento que facilita estos análisis es la construcción de un balance de insumos médicos, como el que se muestra en la Tabla 4.5, basado en la confección de varios balances de insumos por tipo de prestación, de manera tal que posibiliten determinar el costo de los elementos empleados en cada

prestación, ya sea individual o por grupo de pacientes. Estos, finalmente, se expresan –en función del número de prestaciones esperadas para cada año– en el balance total de insumos.

La siguiente es una estructura típica de un balance de insumos (resumido e incompleto con fines didácticos) que debe repetirse para cada tipo de prestación que considere ofrecer un proyecto de centro médico. Como podrá observarse en la Tabla 4.5, la información a incluir en la primera columna y en la segunda difícilmente podrá ser definida por el evaluador ni, probablemente, tampoco por un médico especialista en cirugía estética recuperativa.

Tabla 4.5 ***Balance de insumos por examen urodinámico***

Balance de insumos por examen urodinámico			
Insumo	Cantidad (unidades)	Costo unitario ($)	Costo total ($)
Catéter doble lumen	1	$8.260	$8.260
Parches de electrodos	3	$220	$660
Bajada de suero	1	$1.090	$1.090
Jeringa 20 ml	1	$880	$880
Llave 3 pasos	1	$400	$400
Par de guantes estériles	1	$140	$140
Par de guantes procedimientos	3	$150	$450
Tubo Endogel	1	$2.030	$2.030
Agua biodestilada 500 ml	2	$320	$640
Catéter	1	$6.440	$6.440
Máquina de afeitar desechable	1	$250	$250
Total			$21.240

La suma de los valores de la última columna muestra costo variable total de cada insumo por cada examen urodinámico.

Repitiendo este cuadro, tantas veces como sea necesario para poder precisar la magnitud del gasto en materiales de cada prestación, se procederá a elaborar el balance de insumos médicos por año, tal como se muestra en la Tabla 4.6, aunque en muchos casos este se puede elaborar directamente, sin detallar el costo específico de cada tratamiento.

Tabla 4.6 ***Balance de insumos médicos***

Balance de insumos médicos para el total de exámenes			
Examen	Atenciones por año	Costo por atención ($)	Costo anual ($)
Urodinámico	520	$21.240	$11.044.800
Gástrico	800	$19.880	$15.904.000
Dermatológico	2.220	$14.350	$31.857.000
Ginecológico	750	$22.200	$16.650.000
Endocrinológico	108	$27.640	$2.985.120
Hematológico	160	$25.990	$4.158.400
Total			$82.599.320

Como en los casos anteriores, el resultado de la suma de los valores de la última columna expresará el costo anual del proyecto en insumos médicos.

Obviamente, también se deberán considerar todos los otros insumos de apoyo a la actividad principal, como por ejemplo los de alimentación, traslado de pacientes, aseo, mantenimiento, lavandería y, como se verá más adelante, los de oficinas administrativas y los relacionados con la actividad comercial. Para cada una de estas áreas se deberá elaborar el balance de insumos correspondiente.

4.5 Tamaño

El tamaño de un proyecto muestra su relación con el número de unidades a producir, el número de consultas médicas que atender, la cantidad de empresas a las que prestar servicios contables o el número de cursos a dictar en un periodo de tiempo.

El estudio del tamaño de un proyecto es fundamental para determinar el monto de las inversiones y el nivel de operación que, a su vez, permitirá cuantificar los costos de funcionamiento y los ingresos proyectados. Varios elementos se conjugan para la definición del tamaño: la demanda esperada, la disponibilidad de los insumos, la localización del proyecto, el valor de los equipos, etcétera.

El resultado del estudio del mercado influye directamente sobre esta decisión, ya que ahí se determinaron los niveles ofrecidos y demandados que se esperan para el futuro, así como la participación de mercado que podría lograr el proyecto si realiza las acciones de *marketing* adecuadas.

Las especificaciones técnicas de los equipos que cumplen con los requerimientos para la producción pueden presentar tres características respecto del tamaño:

1. Que la cantidad demandada total sea menor que la capacidad de producción de la tecnología más pequeña existente en el mercado.

2. Que la cantidad demandada sea similar a la capacidad de producción de alguna tecnología.

3. Que la cantidad demandada sea mayor que la capacidad de producción de la tecnología disponible.

En el primer caso, se evaluará la conveniencia de tener una capacidad ociosa de producción, la que eventualmente podrá, a futuro, ser ocupada si se proyecta un crecimiento de la demanda. En el último caso, se evaluarán las opciones de dejar demanda insatisfecha, con el riesgo de bajar las barreras a la entrada de nuevos competidores, de comprar dos unidades tecnológicas aunque se genere capacidad ociosa que eleva las barreras a la entrada de nuevos competidores, de contratar un segundo turno, de pagar sobretiempo al personal para que con una unidad tecnológica se cubran los requerimientos de producción o de externalizar la parte deficitaria del proceso.

En el Capítulo 12, se expone un ejemplo completo para determinar la tecnología que optimice el tamaño de un proyecto con demanda creciente. Esto, debido a que su análisis requiere conocer técnicas y conceptos que serán tratados en los capítulos siguientes y al considerarse que constituye uno de los aspectos clave de la optimización del proyecto.

El tamaño de un proyecto corresponde a su capacidad instalada y se expresa en número de unidades de producción por año. Se distinguen tres tipos de capacidad instalada.

1. **Capacidad de diseño:** tasa estándar de actividad en condiciones normales de funcionamiento.

2. **Capacidad del sistema:** actividad máxima que se puede alcanzar con los recursos humanos y materiales trabajando de manera integrada.

3. **Capacidad real:** promedio anual de actividad efectiva, de acuerdo con variables internas (capacidad del sistema) y externas (demanda).

Por ejemplo, un hotel puede tener 100 habitaciones disponibles, lo que constituye la capacidad de diseño de la unidad expresada en días de permanencia de los pasajeros. Si 10 de estas habitaciones quedan constantemente reservadas para atender clientes especiales o ante una mayor permanencia de algunos pasajeros, la capacidad del sistema es de 90 habitaciones. Si el promedio de ocupación ha sido, por problemas de demanda o de capacidad de respuesta del establecimiento, de 72 camas, esta es la capacidad real del hotel.

Para evaluar un proyecto, tanto la estimación de los costos de funcionamiento como la de los beneficios se deben calcular con base en esta última capacidad. Aunque la demanda actual y proyectada es uno de los factores más importantes en la determinación del tamaño, deben tenerse en cuenta otros como el proceso tecnológico, el financiamiento y la estructura organizacional de apoyo existente o capaz de crearse.

En algunos casos, el tamaño que se asigne a una actividad limitará la capacidad de realizar otras, obligando al evaluador del proyecto a buscar la combinación óptima entre ellas. Esto es común, por ejemplo, cuando una misma infraestructura física o una misma dotación de personal pueden emplearse en más de una función. Una forma fácil de encontrar la solución óptima es mediante el uso de la programación lineal –que se ha simplificado con la aparición de la función **Solver** del Excel–, que permite determinar la distribución óptima de recursos excluyentes, tal como se muestra en el Capítulo 12.

Muchas veces, el tamaño se deberá supeditar a otras variables complementarias a la proyección de la cantidad demandada, como por ejemplo la estrategia comercial. Si el proyecto busca maximizar los beneficios económicos, concentrarse en un segmento del mercado que esté dispuesto a pagar caro por un producto podría ser más conveniente que masificar su cobertura.

En varios casos, podría observarse que un tamaño mayor –aunque tenga capacidad ociosa inicial– es más rentable que un tamaño menor que se vaya adecuando al crecimiento de la demanda. Sin embargo, esto no significa que la decisión que se tome sea la que se muestra como más rentable, ya que esta podría no dar la opción de revertir el proyecto si las cosas no marchan como estaba previsto. Como se analiza más adelante, la aplicación de la teoría de opciones a la evaluación de proyectos permite adicionar información muy pertinente para ayudar a tomar decisiones a este respecto.

4.6 Localización

La localización que se elija para el proyecto puede ser determinante en su éxito o en su fracaso, por cuanto de ello dependerán –en gran parte– la aceptación o el rechazo tanto de los clientes por usarlo como del personal ejecutivo por trasladarse a una localidad que carece de incentivos para su grupo familiar (colegios, entretenimiento, etc.), o los costos de acopio de la materia prima, entre muchos otros factores. Uno fundamental consiste en considerar variables constitutivas de ventajas competitivas con respecto a las características diagnosticadas para la futura competencia. Además de variables de índole económica, el evaluador de un proyecto deberá incluir en su análisis variables estratégicas de desarrollo futuro, flexibilidad para cambiar su destino y factores emocionales de la comunidad, entre varios otros.

La ubicación más adecuada será la que posibilite maximizar el logro del objetivo definido para el proyecto, como cubrir la mayor cantidad de población posible o lograr una alta rentabilidad. Aunque las opciones de localización pueden ser muchas, en la práctica estas se reducen a unas pocas, por cuanto las restricciones y exigencias propias del proyecto eliminan a la mayoría de ellas.

La selección de la localización del proyecto se define en dos ámbitos: el de la macrolocalización, donde se elige la región o zona, y el de la microlocalización, que determina el lugar específico donde se instalará el proyecto.

Los principales factores que influyen en la ubicación del proyecto son los siguientes:

- Mercado que se desea atender, como por ejemplo hoteles de cinco estrellas en sectores de altos ingresos, nuevos centros de atención pediátrica en comunas donde la tasa de crecimiento de la población infantil se proyecta como más alta en el futuro, cercanía a las fuentes de abastecimiento, etcétera.
- Transporte y accesibilidad de los usuarios; por ejemplo, es ilógico ubicar un centro maternal para familias de escasos recursos a 12 cuadras de distancia del paradero más cercano al transporte colectivo.
- Regulaciones legales que pueden restringir la posibilidad de instalar una empresa en una zona de exclusividad residencial o los planos reguladores municipales que limitan la construcción en altura.
- Aspectos técnicos como las condiciones topográficas, la calidad del suelo, la disponibilidad de agua de riego, las condiciones climáticas e, incluso, la resistencia estructural de un edificio si se quiere instalar una maquinaria pesada en un piso alto.
- Aspectos ambientales como restricciones a la evacuación de residuos o a la cantidad máxima de estacionamientos permitidos por las normas de impacto ambiental. Podría darse el caso, por ejemplo, de que la mejor de las localizaciones, por precio, ubicación, características del terreno o accesos, se desestime si el costo de la evacuación de residuos fuese tan alto que optar por un terreno más caro y aparentemente menos atractivo haga más rentable al proyecto.
- Costo y disponibilidad de terrenos o edificaciones adecuados a las características del proyecto.
- Entorno y existencia de sistemas de apoyo.

En toda decisión de localización entran en juego factores a veces contrapuestos: los dominantes (influyen directamente en la viabilidad económica del proyecto), y los preferentes o de carácter más emocional. El que prima, desde el punto de vista del evaluador, será el que permita alcanzar el objetivo central de su trabajo: dar la mayor cobertura comercial, lograr la mayor eficiencia en el uso de los recursos o maximizar la rentabilidad del inversionista.

Un efecto importante de la localización se da sobre el costo de los insumos necesarios para atender los requerimientos de la producción.

Ejemplo 4.1

Una empresa que procesa remolacha (betarraga) para la producción de azúcar estudia la ampliación de su planta procesadora. Si toda la producción actual de la zona donde se ubica es vendida a ella misma y a terceros, deberá recurrir a productores más lejanos para abastecerse de las 370 toneladas que demandará la ampliación. El mercado proveedor identificó las siguientes fuentes alternativas.

Tabla 4.7 ***Costos, volúmenes y distancias de las fuentes de abastecimiento***

Localización	*A*	*B*	*C*
Distancia (km)	32	66	78
Producción disponible (t)	180	90	100
Costo por tonelada ($)	$100	$102	$98
Costo flete (t/km)	$2	$2	$2

De acuerdo con esta información, se deducen los siguientes costos por ítem, costos totales, costos marginales y costos medios por localidad.

Tabla 4.8 ***Costo promedio y marginal de las fuentes de abastecimiento***

Localización	*A*	*B*	*C*
Costo materia prima (precio por cantidad)	$18.000	$9.180	$9.800
Costo flete ($2 por t/km)	$11.520	$11.880	$15.600
Costo total	$29.520	$21.060	$25.400
Costo marginal (costo total dividido por cantidad)	$164	$234	$254
Costo medio (costo acumulado dividido por cantidad acumulada)	$164	$187	$205

Si el proyecto contempla comprar en el predio y asumir el costo del flete, debe trabajarse con el costo medio, es decir, $205 por tonelada puesta en planta. Sin embargo, si se decide abrir un poder comprador para la remolacha puesta en planta, quizás el primer año se pueda suponer a costo medio, pero a partir del segundo año y los siguientes se deberá hacerlo a costo marginal. Esto se explica por la transferencia de información. Si el primer año el comprador inicia ofreciendo $164, logrará motivar a los agricultores de la localidad *A* para que le vendan 180 toneladas, ya que a ese precio recuperan el costo del flete y su propio precio. Para lograr que los productores de *B* le vendan, deberá subir el precio a $234, y para lograr motivar a los de *C*, deberá al final ofrecer comprar a un precio de $254. Sin embargo, el segundo año difícilmente los productores de *A* volverán a vender a $164 si saben que se terminó pagando $254 el año anterior, por lo que lo más probable es que esperen que el precio suba a ese nivel para vender. Como los productores de *B* harán lo mismo, se terminará pagando el costo marginal a todos.

Al realizar este análisis para las diferentes opciones de localización, se dispondrá del costo del abastecimiento para cada una de ellas.

Cuando existen varias localizaciones posibles, la elección de la mejor corresponderá a la que maximice el VAN y no a la que reduzca el costo del transporte. Los precios de los

terrenos, insumos y mano de obra, entre muchos otros, pueden hacer conveniente elegir una ubicación donde el mayor costo del transporte se compense con menores costos de estos factores. En otras palabras, cada localización posible es un subproyecto que debe evaluarse como tal. Cuando son varias las opciones, se puede utilizar una evaluación a nivel de perfil (en la forma como se explicará más adelante) para seleccionar las dos o tres mejores y llevarlas a nivel de prefactibilidad.

Alternativamente es posible utilizar el método de los factores ponderados de localización, que incorpora tanto variables cuantitativas como cualitativas. Aunque podría criticarse por utilizar variables de mucha subjetividad, puede ser una herramienta importante, dado que la rentabilidad económica calculada podría verse alterada por los efectos de estas variables cualitativas. Factores cualitativos o subjetivos son, por ejemplo, la infraestructura vial, la existencia de servicios públicos, los colegios para los hijos de los trabajadores, la variabilidad del clima, la frecuencia de actividades sísmicas, la calidad de servicios de salud, etcétera.

El modelo define un valor ponderado entre los factores subjetivos y el VAN calculado para cada localización estudiada. Los factores subjetivos, a su vez, se ponderan respecto de cada localización y entre ellos, siempre comparando a las localizaciones en parejas. La cantidad de combinaciones resulta de:

$$N_C = \frac{n(n-1)}{2} \tag{4.1}$$

Donde N_C es el número de combinaciones y n es el número de factores.

Al mejor factor se le asigna un puntaje relativo mayor y, si son iguales, se da el mismo valor a cada uno. Los valores asignados pueden tener cualquier rango en la escala de 0 a n.

Ejemplo 4.2

Si en un proyecto se identifican cuatro factores subjetivos (F_1, F_2, F_3 y F_4), las seis posibles combinaciones de comparación entre parejas son:

$$N_C = \frac{4(4-1)}{2} = 6$$

En este caso, es fácil observar que ellas son F_1-F_2, F_1-F_3, F_1-F_4, F_2-F_3, F_2-F_4 y F_3-F_4. El rango de valores que se usará será de 0 a 2, siendo 2 el máximo valor que puede tener el factor que se considere mejor. En la Tabla 4.9, se puede observar que el factor 1 es considerado mucho más importante que el 2 y que el 3, pero igual que el 4. No hay diferencias entre el factor 2 y el 3, pero el factor 4 es mejor que el 2 y mucho mejor que el 3.

Tabla 4.9 ***Importancia relativa de cada factor***

	F_1-F_2	F_1-F_3	F_1-F_4	F_2-F_3	F_2-F_4	F_3-F_4	Suma factor	%
F_1	2	2	1				5	45,45
F_2	0			1	0		1	9,09
F_3		0		1		0	1	9,09
F_4			1		1	2	4	36,36
Total							11	100,00

Mientras más puntaje se da a un factor, más importancia relativa se le asigna respecto del otro con el que se lo compara. Si no existen diferencias cualitativas entre la pareja de factores comparados, se asigna igual puntaje a ambos[2].

Un factor determinado puede cumplir con todos los requerimientos en una zona pero no en otra. Por eso, el siguiente paso es asignarle a un mismo factor un puntaje relativo asociado con cada localización, nuevamente en comparaciones de dos en dos. Mientras más positiva sea la situación del factor en una localización respecto de otra (clima más favorable, buena infraestructura de apoyo, etc.), más alta será la diferencia de puntaje.

Si se consideran tres potenciales localizaciones, todas con VAN positivo pero con poca diferencia entre ellos, de acuerdo con la Ecuación 4.1 habría tres combinaciones posibles (L_1-L_2, L_1-L_3 y L_2-L_3). La Tabla 4.10 resume los puntajes asignados a modo de ejemplo.

Tabla 4.10 ***Importancia relativa de cada localización por factor***

	F_1				
	L_1-L_2	L_1-L_3	L_2-L_3	Suma factor	%
L_1	2	0		2	50,00
L_2	0		0	0	0,00
L_3		1	1	2	50,00
Total				4	100,00

	F_2				
	L_1-L_2	L_1-L_3	L_2-L_3	Suma factor	%
L_1	1	2		3	50,00
L_2	1		1	2	33,33
L_3		1	0	1	16,67
Total				6	100,00

	F_3				
	L_1-L_2	L_1-L_3	L_2-L_3	Suma factor	%
L_1	0	1		1	14,29
L_2	2		2	4	57,14
L_3		1	1	2	28,57
Total				7	100,00

	F_4				
	L_1-L_2	L_1-L_3	L_2-L_3	Suma factor	%
L_1	1	2		3	60,00
L_2	1		1	2	40,00
L_3		0	0	0	0,00
Total				5	100,00

2 Un criterio muy usado define el rango entre 0 y 1, asignando el puntaje 1 a los dos factores en comparación si se consideran igual de importantes. Otra modalidad es la del fútbol. Es decir, al mejor 3 y al peor 0, y, en caso de igualdad, 1 a ambos.

Como para cada factor individual se calculó una posición relativa porcentual, se puede ponderar este resultado por el obtenido en la Tabla 4.9 y así definir una importancia relativa ponderada entre factores y las opciones de localización:

L_1 = (0,4545 * 0,5000) * (0,0909 * 0,5000) * (0,0909 * 0,1429) * (0,3636 * 0,6000) = 50,38%

L_2 = (0,4545 * 0,0000) * (0,0909 * 0,3333) * (0,0909 * 0,5714) * (0,3636 * 0,4000) = 22,77%

L_3 = (0,4545 * 0,5000) * (0,0909 * 0,1667) * (0,0909 * 0,2857) * (0,3636 * 0,0000) = 26,85%

Suponiendo los siguientes VAN calculados para cada una de las tres opciones, es posible también representarlos en términos relativos como muestra la Tabla 4.11.

Tabla 4.11 ***Importancia relativa del VAN***

	VAN ($)	%
L_1	$36.325	33,41
L_2	$38.994	35,87
L_3	$33.405	30,72
Total	$108.724	100,00

De acuerdo con esto, la localización que muestra mayor rentabilidad es la opción L_2; sin embargo, los factores cualitativos asignan más importancia a la L_1. Para determinar la localización de mayor preferencia, este método requiere que, incluso antes de realizar cualquier cálculo, se haya definido la ponderación que se dará a los factores cualitativos dentro del total. En este ejemplo, se supondrá que se asigna 10% a los cualitativos y, en consecuencia, 90% al resultado del VAN. Para ponderar estos factores, se aplica la ecuación:

$$mpL_t = Irs_{L_t} * Ir_s + Irc_{L_t} * Ir_c \qquad (4.2)$$

Donde mpL_t es la medida de preferencia de cada localización t; Irs_{L_t}, la importancia relativa de los factores subjetivos de cada localización t; Ir_s, la ponderación relativa de los factores subjetivos; Irc_{L_t}, la importancia relativa de los factores cuantitativos de cada localización t, e Ir_c, la ponderación relativa de los factores cuantitativos.

De lo anterior se deducen las medidas de preferencia que se muestran en la Tabla 4.12 para cada localización.

Tabla 4.12 *Medidas de preferencia de localización*

Localización	Factores cualitativos		Factores cuantitativos		mpL_t (%)
	Irs_L (%)	Ir_S (%)	Irc_L (%)	Ir_C (%)	
L_1	50,38	10,00	33,41	90,00	35,11
L_2	22,77	10,00	35,87	90,00	34,56
L_3	26,85	10,00	30,72	90,00	30,33
Total	100,00		100,00		100,00

Como puede observarse, aunque L_2 tiene un mayor VAN y aunque los factores cualitativos solo tienen una ponderación de 10% en el total, la combinación de ambos factores indica que la localización L_1 debe ser la preferida.

4.7 Técnicas de estimación de costos

A nivel de prefactibilidad, es posible utilizar una serie de técnicas de estimación de los costos del proyecto, basándose en información histórica de la propia empresa o recurriendo a estándares generalmente aceptados. Entre estas, destacan tres por su simpleza y por el valor de la información que proveen:

1. Técnica de factores combinados.

2. Cálculo de costo exponencial.

3. Análisis de regresión.

Ninguna de ellas se aplica a nivel de factibilidad cuando la información de costos que se busca calcular es determinante en el éxito o en el fracaso de un proyecto.

4.7.1 Factores combinados

La técnica de factores combinados es el más simple de los métodos de estimación de costos y consiste en combinar estándares con valores reales. Generalmente se aplica en situaciones donde existe un componente de costos muy pertinente y otro poco significativo. Mientras que el primero de ellos se calcula en forma más precisa (costeo de etapas de producción, cotización de proveedor, etc.), el segundo usa información secundaria como estándares de costos. La Ecuación 4.3 expresa este modelo.

$$C = \Sigma C_d + \Sigma CU_i * q_i \tag{4.3}$$

Donde C es el costo que se busca calcular; Cd, el costo real de cada componente pertinente; CU_i, el costo unitario del componente i de la estructura de costos, y q_i, la cantidad del componente i.

Ejemplo 4.3

Suponga que se desea calcular el costo total de instalar una red interna de comunicación, para lo cual se estima emplear aproximadamente 1.000 metros lineales de cable coaxial para enlazar las dependencias de la empresa, cuatro unidades de interfaz, dos módems y un administrador de red. El administrador de red es el componente más caro, por lo que se realizó un estudio acabado de su costo, que se definió en $30.000. El resto de los componentes se estimó de la siguiente forma.

Tabla 4.13 ***Costo de los componentes***

Componente	Estándar de costo ($)
Cable coaxial	$3 por metro lineal
Instalación	$2 por metro lineal
Interfaz	$2.000 c/uno
Módems	$300 c/uno

Reemplazando estos valores en la Ecuación 4.3, se obtiene:

$$C = 30.000 + 3(1.000) + 2(1.000) + 4(2.000) + 2(300) = 43.600$$

4.7.2 Factor exponencial

La técnica de factor exponencial se usa cuando el proyecto genera economías o deseconomías de escala respecto del nivel de costos existentes.

El método supone que la estructura de costos varía en proporción distinta de lo que varían la capacidad o los niveles de producción.

El modelo general, que se explica con detalle en el Capítulo 12, se expresa en la Ecuación 4.4.

$$\frac{C_2}{C_1} = \left[\frac{q_2}{q_1}\right]^{\beta} \qquad (4.4)$$

Donde C_2 es el costo de operación en la situación con proyecto; C_1, el costo de operación para el nivel de producción actual; q_2, la capacidad de producción con proyecto; q_1, la capacidad de producción actual, y β, el factor de costo exponencial o factor de exponente de costo.

Despejando la variable a determinar, se deduce:

$$C_2 = \left[\frac{q_2}{q_1}\right]^{\beta} * C_1 \tag{4.5}$$

Ejemplo 4.4

Una empresa empaca en bolsas 200.000 unidades de su producto con un costo de $240.000. Si se evalúa ampliar la producción en 50% y el factor de costo exponencial es de 0,8, el nuevo costo sería de:

$$C_2 = \left[\frac{300.000}{200.000}\right]^{0,8} * \ 240.000 = 331.954$$

Nótese que si se hubiese supuesto que el costo aumenta proporcionalmente con la producción, se habría calculado un costo total de $360.000, al no considerar las economías de escala que es posible obtener.

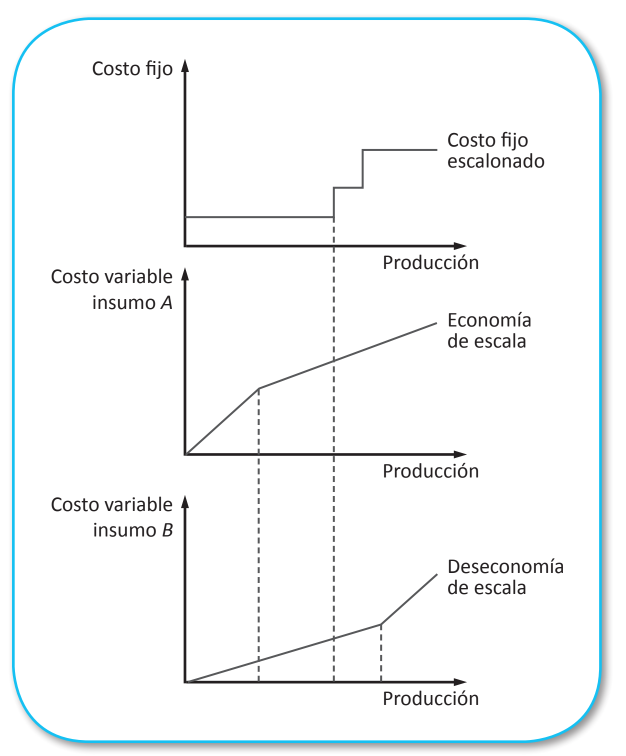
El factor de costo exponencial no refleja cambios en función de niveles de producción distintos porque supone una linealidad común en las economías de escala, aunque lo más probable es que, de acuerdo con el tamaño, también cambie la función exponencial. Al utilizarse como un instrumento facilitador del proceso de toma de decisiones en estudios de prefactibilidad, esta limitación se obvia dando al modelo la importancia de la simplificación de cálculo en industrias donde el factor de la escala o factor de costo exponencial es conocido y confiable en determinados rangos.

La linealidad en el cambio de las escalas de costos (también aplicables a las inversiones) prácticamente no se aplica en ningún proyecto realizado en los niveles de prefactibilidad o de factibilidad, ya que las economías y deseconomías de escala de cada insumo pueden producirse en niveles de producción distintos.

En el Gráfico 4.1, se observa que los cambios en las estructuras de costo pueden ocurrir de manera tal que no existe una función que explique el comportamiento de los costos por sí sola.



Gráfico 4.1
Variaciones en los costos fijos y variables



4.7.3 Regresión simple

También es posible recurrir a un método que permita calcular los costos futuros como una función de los costos históricos en moneda de igual valor. Para ello se utiliza la siguiente función, analizada en el Capítulo 3.

$$y = a + bx \tag{4.6}$$

Donde *y* corresponde al costo total (*CT*) observado mensualmente; *a*, al costo fijo (*CF*); *b*, al costo variable unitario (*cv*), y *x*, a la cantidad producida.

Dicho de otra manera, el costo total es igual al costo fijo más el costo variable unitario por la cantidad de unidades a producir. Es decir:

$$CT = CF + (cv)q \tag{4.7}$$

Con este procedimiento se determinan los valores estimados de *a* (valor asignado al costo fijo, ya que no está explicado por los cambios en la cantidad producida) y *b* (valor de la pendiente o costo variable unitario), calculados con base en una regresión de datos disponibles.

Aunque muchos costos son fácilmente clasificados como fijos o variables, existe una importante gama que cae en una clasificación intermedia. Por ejemplo, los impuestos a las utilidades que se calculan como una función entre ingresos, costos variables y costos fijos. Aunque un aumento de actividad pueda hacer aumentar los ingresos en la misma proporción, los costos variables y fijos pueden hacerlo a tasas no proporcionales por las economías y deseconomías de escala explicadas.

Ejemplo 4.5

Para ofrecer un diplomado a ejecutivos, una universidad dispone de una sala con capacidad máxima para 50 personas. El valor del curso es de $100 por alumno, el costo variable (textos, guías de ejercicio, servicio de café, diplomas, etc.) es de $20 y el costo fijo (honorario del profesor, publicidad, arriendo de sala y equipos) es de $1.600. De esto se deduce que, con 20 alumnos, la universidad está en equilibrio.

Matriculando 50 personas, su utilidad sería de $2.400, pero si postulan 52 que cumplen con los requisitos de aceptación y se quisiera atender a todas ellas, esa universidad podría separar a los alumnos en dos grupos de 26 cada uno. Como su punto de equilibrio es 20, obviamente tendrá utilidades. Sin embargo, esto obligaría a duplicar los costos fijos, aumentando mucho más que los ingresos netos o margen de contribución (ingresos menos costos variables).

	50 alumnos (un curso de 50)	52 alumnos (dos cursos de 26)
Ingresos	$5.000	$5.200
Costo variable	–$1.000	–$1.040
Costo fijo	–$1.600	–$3.200
Resultado	$2.400	$960

Más adelante, se explica por qué al resultado no se lo denominó "utilidad", así como la forma de incorporar los impuestos a las utilidades. De la tabla anterior se deduce claramente que el impuesto a las utilidades puede disminuir si aumentan la producción y las ventas.

Preguntas y problemas

4.1 ¿Qué es un balance de equipos y qué elementos lo componen?

4.2 ¿Qué es un costo de oportunidad?

4.3 ¿En qué consiste la vida útil técnica?

4.4 ¿En qué consiste la vida útil contable?

4.5 ¿En qué consiste la vida útil comercial?

4.6 ¿Cuándo se recomienda usar el método contable para determinar la vida útil?

4.7 ¿En qué consiste la vida útil económica?

4.8 ¿Qué es un calendario de inversiones?

4.9 ¿Qué es un calendario de reposición de activos?

4.10 ¿En qué columnas del calendario de inversiones de reposición se anota la inversión en un activo que tiene una vida útil de cuatro años?

4.11 ¿Qué variables deben considerarse al decidir la selección de un activo y de su proveedor?

4.12 ¿Qué variables deben incluirse en un balance de obras físicas?

4.13 ¿En qué casos debe confeccionarse más de un balance de personal?

4.14 ¿Es un balance de insumos equivalente al costo variable unitario de producción?

4.15 ¿Cómo se mide el tamaño de un proyecto?

4.16 ¿Qué es la capacidad instalada?

4.17 ¿Qué es la capacidad de diseño?

4.18 ¿Qué es la capacidad del sistema?

4.19 ¿Qué es la capacidad real?

4.20 ¿Cómo pueden los aspectos ambientales afectar el tamaño de un proyecto?

4.21 ¿Cómo pueden los aspectos ambientales afectar la localización de un proyecto?

4.22 ¿Qué factores influyen en la localización de un proyecto?

4.23 ¿En qué casos se debe trabajar con los costos marginales del abastecimiento de insumos?

4.24 ¿En qué casos se debe trabajar con los costos medios del abastecimiento de insumos?

4.25 ¿En qué consiste el método de los factores ponderados de localización?

4.26 Explique qué se entiende por importancia relativa de los factores subjetivos de localización.

4.27 Explique qué se entiende por importancia relativa de cada localización por factor.

4.28 Explique qué se entiende por importancia relativa del VAN.

4.29 ¿Qué es una medida de preferencia de localización?

4.30 Explique la técnica de factores combinados para el cálculo de costos.

4.31 ¿En qué consiste y qué limitaciones tiene la técnica de factor exponencial para calcular los costos?

4.32 Explique el comportamiento que pueden asumir los costos fijos y variables si aumenta la producción.

4.33 Construya el calendario de inversiones de reposición a 10 años de los siguientes activos.

Activo	Valor ($)	Vida útil contable (años)	Vida útil real (años)
1	$10.000	6	10
2	$5.000	3	10
3	$6.000	4	3
4	$15.000	9	5
5	$3.000	7	5

4.34 Si el factor de costo exponencial es 0,5, determine en qué porcentaje aumentan los costos en relación con una variación en la cantidad.

4.35 ¿Cuál es el factor de escala de un equipo transportador de materiales que al aumentar su capacidad en 30% ocasiona un aumento de costos de 20%? ¿Y cuál sería el factor si los costos aumentaran en 45%?

4.36 Se necesita conocer cuál es el costo total de la instalación de una nueva central telefónica para el edificio donde funcionan las oficinas de la empresa, para lo que se estima emplear 1.250 metros de cable telefónico simple, 42 anexos telefónicos simples y ocho para videoconferencias, 50 conectores, una tarjeta y una central telefónica. Los valores unitarios de cada componente son los siguientes.

Componente	Estándar de costo
Cable telefónico	$10/ml
Anexo simple	$12.500/unidad
Anexo videoconferencias	$23.330/unidad
Tarjeta telefónica	$86.000/unidad
Conector telefónico	$2.350/unidad
Central telefónica	$835.500 en total

4.37 El costo de distribución de 54.000 unidades de un producto es de $545.000. ¿Cuál será el costo de distribuir 67.500 unidades si se sabe que el factor de costo exponencial es 0,85?

4.38 El precio de venta de un producto es $100. La capacidad de producción de la empresa, trabajando en un turno normal, es de 1.000 unidades mensuales. Cada unidad tiene un costo directo unitario de $70. Los costos fijos ascienden a $20.000 mensuales. Determine qué pasa con el resultado si para aumentar la producción en 20% debe contratarse un segundo turno ($15.000 mensuales) y se estima que los costos indirectos mensuales (energía, facturación y cobranza, aseo, etc.) se incrementarán en $8.000.

4.39 La empresa Hillary & Co. elabora molduras metálicas para la industria aeronáutica. Muchos costos son fácilmente clasificables como fijos y variables, aunque no se aprecia así con el consumo de luz y las reparaciones. Para ambos costos se dispone del siguiente registro de comportamientos de costo.

Mes	Consumo de luz		Reparaciones	
	kW	Costo mensual ($)	Mano de obra (horas)	Costo mensual ($)
Enero	230.000	$150.000	3.740	$151.500
Febrero	246.600	$165.100	3.910	$157.000
Marzo	260.800	$163.300	3.570	$146.080
Abril	295.900	$179.200	3.420	$140.400
Mayo	232.600	$150.400	3.920	$157.900
Junio	210.000	$140.500	4.010	$162.000
Julio	207.000	$139.400	4.260	$168.200
Agosto	208.800	$139.800	4.450	$173.500
Septiembre	211.600	$141.100	4.590	$178.900
Octubre	215.300	$142.700	4.420	$162.400
Noviembre	277.600	$171.200	4.080	$162.600
Diciembre	270.100	$168.300	3.890	$157.000

4.40 Con la información del Ejercicio 4.39, calcule el costo fijo estimado y el costo variable unitario del consumo de luz y de las reparaciones. ¿Cuál sería el costo total anual esperado en consumo de luz y en reparaciones para el año siguiente, si se estima un aumento promedio del nivel de actividad en 20% después que se implemente una inversión en ampliación de la capacidad productiva?

4.41 Determine la función de costos de una empresa manufacturera de la que se tiene la siguiente información histórica.

Trimestre	Producción (unidades)	Costo ($)
1	7.355	$115.900
2	7.500	$116.500
3	8.200	$115.800
4	8.860	$117.250
5	8.900	$117.550
6	8.950	$117.950
7	9.120	$118.200
8	9.230	$118.420
9	9.400	$118.950
10	9.650	$119.510
11	9.800	$119.900
12	10.350	$121.460

4.42 Si el rango de asignación de preferencias entre tres factores es 0 a 1, donde a ambos se asigna 1 punto si son indiferentes, elabore la tabla de importancia relativa de cada factor si:

- F_1 es mejor que F_2 y mejor que F_3.
- F_2 es igual que F_3.

4.43 Si se estudian tres posibles localizaciones, elabore la tabla de importancia relativa de cada localización, para cada factor del Ejercicio 4.42, si:

- F_1: L_1 es igual que L_2.
  L_3 es mejor que L_2 y L_3.
- F_2: L_1 es mejor que L_2.
  L_3 es mejor que L_1 y L_2.
- F_3: L_2 es mejor que L_1.
  L_3 es mejor que L_1.
  L_2 es mejor que L_3.

4.44 Con los datos del Ejercicio 4.43, calcule la importancia relativa ponderada total de cada localización.

4.45 Calcule la importancia relativa del VAN de cada localización del Ejercicio 4.44, si los VAN fuesen:

- $L_{1:}$ $842.
- L_2: $730.
- L_3: $758.

4.46 Si a los factores subjetivos del Ejercicio 4.45 se les asigna 8% de importancia relativa, calcule la medida de preferencia de cada localización.

Capítulo

5

Aspectos tributarios y administrativos

De la misma forma como las variables técnicas determinan de manera importante las inversiones y los costos del proyecto, hay un conjunto de variables relacionadas con la gestión, que inciden –a veces significativamente– en el resultado de la evaluación, por la magnitud que pueden alcanzar en la estructura total de los egresos. Su estudio, sin embargo, se observa generalmente como el más débil de todos los que se hacen en la viabilidad económica, pues es considerado por gran cantidad de evaluadores como un elemento de baja incidencia relativa en el total de inversiones y gastos. Aunque esto puede ser válido en muchos proyectos, solo después de su cuantificación se podrá confirmar la validez de este supuesto, por lo que siempre se deberá incluir en la investigación.

Obviamente, cuando se evalúan proyectos en empresas en marcha –como el reemplazo de una maquinaria– es posible presumir que la nueva inversión no implicará cambios en la estructura organizacional ni en los procedimientos administrativos. Lo mismo sucede cuando las características particulares de la inversión hacen claramente posible definir un apoyo administrativo mínimo, con un costo a su vez irrelevante dentro del total del proyecto.

A continuación, se analizan los efectos tributarios sobre los resultados del proyecto, las inversiones y los costos derivados de la gestión, el tratamiento del IVA y el impacto económico de las variables legales.

5.1 Efectos tributarios

Un elemento típico del costo que influye directamente en cualquier proyecto de inversión es el tributario. En muchos casos, tendrá un efecto negativo (expresándose como un mayor costo) sobre los flujos de caja, pero en otros será positivo (beneficio por ahorro de impuestos).

El efecto tributario se vincula con el impuesto que enfrentan las empresas y generalmente corresponde a un porcentaje sobre las utilidades del negocio o a un porcentaje sobre su patrimonio[1].

En los casos en que exista un impuesto a las utilidades, se deberá considerar como efecto indirecto el mayor pago que se hará por todo proyecto que genere un aumento en los beneficios netos de la empresa. De igual manera, deberá incluirse el efecto tributario de cualquier utilidad o pérdida por la venta de un activo, por el aumento o la disminución de costos, por endeudamiento y por la variación en los ingresos del negocio.

Los efectos tributarios se analizan a continuación para cuatro casos típicos existentes en distintos tipos de proyectos de cambio en empresas en marcha: por la venta de activos (con utilidad y pérdida); por la compra de activos; por el incremento o la disminución de algún costo, y por el endeudamiento.

5.1.1 Venta de activos

Uno de los efectos indirectos más fáciles de observar en la evaluación de proyectos de desinversión, como los de *outsourcing*, reemplazo o abandono, es el vinculado con el pago de impuestos por la venta de un activo que se libera por hacer el proyecto. Si

1 En Chile, la tasa de impuesto a las utilidades, o impuesto a la renta de primera categoría, es de 17%; en Colombia, de 30%; en Perú, de 30%; en Argentina, de 35%; en Bolivia, de 25%; en San Salvador, de 25%; en Honduras, de 25%; en Guatemala, de 31%; etcétera. En otros países no existe este impuesto, pero se reemplaza por un impuesto al patrimonio. En Ecuador, la legislación laboral establece una participación para los trabajadores de 15% sobre la utilidad antes de impuestos, además de un impuesto de 25%, que determinan un efecto de 36,25% sobre las utilidades.

el activo se vende con utilidades, la empresa deberá enfrentar el pago de un impuesto proporcional a esa utilidad. Si se vende con pérdidas, tendrá un efecto tributario positivo hacia el resto de la empresa, al permitir reducir las utilidades totales del negocio y, en consecuencia, el pago total de ese tributo. Si la venta no tiene ni utilidades ni pérdidas, el efecto tributario será nulo.

La utilidad o la pérdida en la venta de un activo se determina por la diferencia entre el precio de venta y el costo contable del activo al momento de efectuarse la venta. Para fines tributarios, el costo contable es definido sobre una base general que promedia situaciones a nivel país y que considera una estimación de la pérdida anual del valor de un activo por su uso.

Esta pérdida anual se define como depreciación[2] y corresponde a la pérdida contable de valor promedio de un activo fijo por año transcurrido. Por ejemplo, una computadora, aunque puede ser utilizada durante algunos años, tiene, en varios países, una vida útil contable de tres años y, por lo tanto, se considera que pierde un tercio de su valor cada año. Países como Bolivia deprecian 25% anual, porque el fisco les asigna una vida útil contable de cuatro años.

El valor libro, o costo contable de un activo, se calcula como la diferencia entre el valor de adquisición y la depreciación acumulada a la fecha de la venta. Es decir, representa lo que falta por depreciar al activo en el momento de su venta. La depreciación acumulada corresponde a la suma de las depreciaciones anuales registradas hasta ese momento.

La depreciación anual, cuando se evalúan proyectos a niveles de perfil y prefactibilidad, se calcula generalmente por un método lineal, sin considerar valores residuales para el activo al final del periodo de depreciación. El valor residual es el valor que se le asigna al activo al finalizar su periodo de depreciación, independientemente de su vida útil real, y se usa contablemente para determinar, por diferencia, la pérdida de valor durante la vida útil contable del activo. Por la casi nula incidencia en la configuración de los flujos de caja, se lo considera con valor 0 para el cálculo de la depreciación. Esto es:

$$D = \frac{V_\alpha}{n} \tag{5.1}$$

Donde D representa el monto para depreciar anualmente; V_α, el valor total de adquisición del activo, y n, el número de años en que es posible depreciar el activo.

2 Algunos países usan el término “depreciación” para referirse a la pérdida de valor contable tanto de los activos fijos como intangibles; otros utilizan “amortización” para ambos, y la mayoría usa “depreciación” para los activos fijos y “amortización” para los intangibles.

Contablemente, existen varios métodos de depreciación. Sin embargo, con fines de evaluación de proyectos, la convención generalmente aceptada usa solo el método lineal, por cuanto la depreciación no constituye un egreso de caja y el método empleado tiene nada más que un efecto marginal en el resultado de la evaluación, ya que afecta de manera indirecta únicamente al momento en que se registran los impuestos y no a su cuantía.

Si se reúnen determinados requisitos, los bienes de activo fijo se pueden depreciar aceleradamente, reduciendo a un tercio la vida útil contable.

Ejemplo 5.1

Suponga que una maquinaria que se compra en $10.000 y se deprecia linealmente en 10 años se vende, por razones económicas, en $2.500 al final del octavo año. Para calcular el efecto tributario se determina, en primer lugar, la depreciación anual, que en este caso corresponde a $1.000[3]. Al final del octavo año, el activo tendrá una depreciación acumulada de $8.000 y, en consecuencia, su valor libro, o lo que faltará por depreciar, será de $2.000.

Luego, si la máquina se vende en $2.500 y tiene un valor libro de $2.000, la utilidad contable es de $500 y sobre este monto se debe pagar el impuesto. Si el impuesto a las utilidades fuese de 15%, deberán desembolsarse $75 por concepto de tributos. Como el valor libro no es un egreso de caja, el efecto neto de la venta del activo es de $2.425 (los $2.500 de ingreso por la venta menos los $75 del impuesto).

Una alternativa de cálculo, que se muestra en la Tabla 5.1, y que es la que se empleará en el resto de este texto, anula la deducción del valor libro efectuada antes de impuestos, por no ser un gasto desembolsable, sumándolo a la utilidad neta después de haber incorporado su efecto tributario.

Tabla 5.1 ***Cálculo del flujo neto de la venta de un activo***

Ítem	Precio ($)
Venta de activo	$2.500
Valor libro	–$2.000
Utilidad	$500
Impuesto (15%)	–$75
Utilidad neta	$425
Valor libro	$2.000
Flujo neto	$2.425

3 Los $10.000 de valor de adquisición, divididos en los 10 años de su periodo de depreciación.

Que es lo mismo que:

$$V_{ac} = (Y_{ac} - VL)\ (1 - t) + VL \qquad (5.2)$$

Donde V_{ac} es el valor del activo después de incluir el efecto de los impuestos; Y_{ac}, el ingreso por la venta del activo; *VL*, el valor libro del activo que se vende, y *t*, la tasa de impuesto a las utilidades.

En este caso, después de calcular la utilidad neta, se anuló la resta efectuada del valor libro, por no constituir movimiento de caja, sumando el mismo valor que antes se había deducido. De esta forma, se elimina el efecto de restar algo que no sale de caja, pero después de haber incorporado el efecto tributario en el valor que tendrá el activo para la empresa.

Es decir, aunque el mercado valore el activo en $2.500, el valor que tendrá para la empresa será de solo $2.425, lo que se explica porque si se vende, parte obligada de los $2.500 deberá destinarse a pagar el impuesto sobre la utilidad contable generada por esa venta.

Si la venta del activo se hace a un precio inferior a su valor libro, la contabilización de la venta arrojará una pérdida. En este caso, no puede decirse que no hay impuesto porque no hay utilidades, ya que la empresa, al no llevar una contabilidad por activo sino por toda la institución, aprovecha la pérdida contable de esta operación para reducir eventuales utilidades que el resto de la empresa podría tener en el momento de la venta de ese activo.

Ejemplo 5.2

Considérese una empresa que, antes de la venta del activo, tiene una utilidad de $14.000 en el periodo, resultante de ingresos anuales de $50.000 y costos de $36.000. Para una tasa de impuesto de 15%, tendría que pagar tributos equivalentes a $2.100.

Si, por otra parte, el activo se vende en ese mismo periodo en $3.000 y su valor libro fuese de $4.000, la venta se haría con una pérdida de $1.000. La empresa, en consecuencia, ve reducida su utilidad como un todo a $13.000 y, por lo tanto, tendría que enfrentar un pago de impuestos de solo $1.950.

El ahorro de impuestos, de $150, es atribuible a la venta del activo. Se tendrá, entonces, una situación donde la venta del activo con pérdidas contables generará un flujo de caja neto para la empresa de $3.150, que resulta de sumar el ingreso por la venta con el ahorro tributario que obtiene la empresa, como se observa en la Tabla 5.2.

Tabla 5.2 ***Cálculo del efecto tributario neto incremental de la venta de un activo***

	Situación base ($)	Venta del activo ($)	Total empresa ($)
Ingresos	$50.000		$50.000
Venta activo		$3.000	$3.000
Costos	–$36.000		–$36.000
Valor libro		–$4.000	–$4.000
Utilidad	$14.000	–$1.000	$13.000
Impuesto	–$2.100	$150	–$1.950
Utilidad neta	$11.900	–$850	$11.050
Valor libro		$4.000	$4.000
Flujo neto	$11.900	$3.150	$15.050

Como se puede observar, con la venta del activo a pérdidas, la empresa ve incrementado su flujo de $11.900 a $15.050. Es decir, en $3.150 que corresponden a los $3.000 recibidos de la venta más los $150 ahorrados de impuestos. El valor de este activo es, en consecuencia, de $3.150 para la empresa, aunque el mercado lo valore en $3.000.

5.1.2 Compra de activos

En proyectos que contemplan la compra de activos, también se observan efectos tributarios para la empresa, aunque no en el momento en que se adquieren, sino a partir del periodo siguiente.

Cuando una empresa compra un activo, en ese momento no cambia su utilidad contable, ya que, como se explicó antes, simultáneamente con el aumento de un activo fijo (la compra del activo) puede aumentar un pasivo (si se financió con deuda) o puede disminuir otro activo (como la cuenta caja, si se pagó al contado) y, por lo tanto, la adquisición no está afecta al impuesto a las utilidades. Esto, por cuanto la compra de un activo en el momento en que se efectúa no cambia la riqueza de la empresa. Sin embargo, cuando el tiempo transcurre, el activo comprado pierde valor por su uso, y la depreciación se puede cargar como un gasto contable al estado de pérdidas y ganancias de la empresa, bajando las utilidades y posibilitando una reducción en el pago de su impuesto, con excepción de aquellos activos que no se deprecian, como por ejemplo el terreno.

Ejemplo 5.3

Suponga que una empresa en funcionamiento, que tiene utilidades contables, compra una computadora en $9.000, la que se puede depreciar contablemente en tres años. Al término de cada uno de los primeros tres años, el equipo se podrá depreciar en $3.000.

En la Tabla 5.3, se muestran el flujo de caja esperado por la empresa al final del primer año de operación[4] si no se compra la computadora (situación base); el flujo de caja con la depreciación que puede cargar contablemente si la compra (situación con proyecto); y el análisis incremental.

Tabla 5.3 ***Cálculo del beneficio tributario de la depreciación***

	Situación base ($)	Situación con proyecto ($)	Análisis incremental ($)
Ingresos	$60.000	$60.000	
Costos	–$36.000	–$36.000	
Depreciación	–$8.000	–$11.000	–$3.000
Utilidad	$16.000	$13.000	–$3.000
Impuesto	–$2.400	–$1.950	$450
Utilidad neta	$13.600	$11.050	–$2.550
Depreciación	$8.000	$11.000	$3.000
Flujo neto	$21.600	$22.050	$450

En la situación base, la empresa genera ingresos por $60.000 y costos por $36.000. Además, carga una depreciación contable de $8.000 por otros activos que actualmente posee. De esto resulta una utilidad de $16.000 sobre la que paga 15% de impuesto, quedando una utilidad neta de $13.600.

Al igual que en el caso anterior, aquí se restó la depreciación, que no es salida de caja, por lo que se debe volver a sumar después de calcular el impuesto para anular su efecto. Obsérvese que se obtiene el mismo resultado si se consideran solo las cuentas de ingresos y egresos[5].

Al permitírsele a la empresa incorporar la depreciación del equipo adquirido, la utilidad baja en un monto igual a la depreciación y el impuesto se reduce de $2.400 a $1.950. Es decir, la contabilización de la depreciación ocasiona a la empresa un ahorro de $450 en los impuestos que debe pagar.

Como los $450 corresponden a 15% de los $3.000, puede afirmarse que la empresa se ahorra, cada año, 15% de la depreciación, y, como todo el activo se deprecia

4 Un periodo después de la adquisición de la computadora.

5 Como se observa a continuación, el flujo de caja resultante de comparar ingresos y egresos coincide con el resultado del flujo calculado por la suma de la utilidad neta con la depreciación.

Ingresos	$60.000
Costos	–$36.000
Impuesto	–$2.400
Flujo	$21.600

en el transcurso del tiempo, el ahorro tributario corresponde a 15% de todo el valor de ese activo[6].

La columna incremental tiene la importancia de que permite trabajar solamente con la información relevante para la evaluación del proyecto. Si se considera que el nuevo activo no modifica el comportamiento de los ingresos y costos de la empresa (el reemplazo no cambia los niveles de operación ni de gastos asociados con la antigüedad del equipo), no interesa conocer la cuantía de los ingresos ni de los egresos del proyecto, por ser irrelevantes para la decisión. Por lo tanto, se excluyen del análisis.

Sin embargo, como la depreciación se asume solo si se compra el nuevo activo, debe ser considerada como un costo relevante del proyecto. Independientemente de la utilidad que tenga la empresa antes de la compra de la computadora, su adquisición y posterior depreciación permitirá disminuirla en $3.000. Es decir, si antes la empresa debía pagar 15% de una determinada utilidad, cualquiera que sea su monto, ahora debe pagar 15% del valor resultante de deducir $3.000 a esa misma cantidad. Esto es, existe la posibilidad de ahorrar impuestos por 15% de la depreciación.

Así queda demostrada la importancia de los efectos indirectos de la compra de un activo en la evaluación de un proyecto, ya que por el solo hecho de comprar un activo, 15% se recupera automáticamente si la empresa tiene utilidades[7].

Un caso particular de efectos tributarios en la compra de activos se refiere al financiamiento de la inversión mediante un *leasing* financiero. Tributariamente, todas las cuotas del *leasing*, con excepción de la opción de compra, se consideran como un alquiler y, por lo tanto, afectan a la utilidad contable y al cálculo de los impuestos, y representan solo la cuota de la opción del valor de compra del activo. Financieramente, los intereses implícitos en el *leasing* y la depreciación del bien se consideran como gastos financieros, es decir, se tratan financieramente como una adquisición financiada mediante un préstamo. El lector puede encontrar en el Capítulo 7 un análisis más detallado de estas materias.

5.1.3 Variación de costos

El efecto indirecto de los impuestos también se observa en la variación de los costos, tanto en los proyectos que los incrementan (una ampliación) como en aquellos que los reducen (un reemplazo de tecnología ineficiente por otra más eficiente).

Para analizar solamente el efecto tributario de una variación de costos, se supondrá, en el siguiente ejemplo, que estos varían sin que se produzcan cambios en los niveles de beneficios, aunque al evaluar un proyecto donde hay aumentos de costos, es indudable que se aceptará incurrir en ellos porque se esperan cambios positivos en los beneficios.

6 Sin embargo, como el ahorro de impuestos se produce en varios periodos futuros, el efecto neto del ahorro debe corregirse todavía por el impacto del valor tiempo del dinero.

7 Como se verá más adelante, hay un efecto del valor tiempo del dinero que se manifiesta en que la empresa se ahorra este impuesto, pero en distintos periodos futuros.

El análisis es similar al que realiza una empresa, para averiguar el impacto de un reajuste especial de las remuneraciones del personal. En él, el efecto neto del costo para la empresa corresponde solo a 85% del mayor gasto, ya que 15% restante se recupera por la vía de los menores impuestos que se deberán pagar por la reducción de las utilidades que ello conlleva.

Ejemplo 5.4

En la Tabla 5.4, se presentan una situación base en la que la empresa tiene utilidades contables; una situación con proyecto donde se aumenta el costo de un factor (por ejemplo, sueldo); y un análisis incremental en el que se muestra el impacto solamente de la variación de costos.

Como se puede observar, un aumento de costos de $4.000 hace que se reduzca el flujo de caja en solo $3.400 (la diferencia entre $15.900 y $12.500). Según se explicó antes, cualquier baja en la utilidad hace que la empresa deje de pagar 15% de impuestos sobre esa reducción.

Tabla 5.4 ***Cálculo del efecto tributario de la variación de costos***

	Situación base ($)	Situación con proyecto ($)	Análisis incremental ($)
Ingresos	$30.000	$30.000	
Costos	–$12.000	–$16.000	–$4.000
Depreciación	–$4.000	–$4.000	
Utilidad	$14.000	$10.000	–$4.000
Impuesto	–$2.100	–$1.500	$600
Utilidad neta	$11.900	$8.500	–$3.400
Depreciación	$4.000	$4.000	
Flujo neto	$15.900	$12.500	–$3.400

En la columna incremental, por otra parte, se incluye únicamente el ítem relevante para la decisión, es decir, la variación en los costos. La utilidad negativa, en el análisis incremental, no significa necesariamente una pérdida para la empresa, sino que también puede indicar una reducción en el nivel de utilidad. Por eso, en el ejemplo anterior, el análisis incremental, en vez de asociar cero impuestos a una utilidad negativa, lo considera un ahorro tributario equivalente a la tasa porcentual de impuestos sobre la menor utilidad antes de impuestos.

De la misma forma, un proyecto de mejora que reduzca los costos de la empresa deberá considerar que el aumento en las utilidades está asociado a un aumento en el impuesto pagadero y a un menor valor del ahorro de costos que el generado.

5.1.4 Endeudamiento

El costo financiero de una deuda, correspondiente al pago de intereses sobre aquella parte de la inversión financiada con préstamo, como cualquier costo, es deducible de impuestos y, en consecuencia, tiene un efecto tributario positivo que debe incluirse en el flujo de caja cuando se busca medir la rentabilidad de los recursos propios invertidos en un proyecto.

Si bien este efecto es similar al de una variación de costos, explicado en el apartado anterior, solo debe incorporarse en aquellos flujos que buscan medir la rentabilidad de los recursos propios invertidos en un proyecto.

Para calcular el impacto tributario de una deuda, el monto total del servicio de la deuda se debe descomponer en dos partes: la amortización y los intereses. Mientras que la amortización corresponde a una devolución del préstamo, por lo que no constituye un costo ni está afecta a impuestos, los intereses son un gasto financiero de similar comportamiento al costo del alquiler de cualquier activo y, por lo tanto, están afectos a impuestos.

Aunque obviamente el endeudamiento tiene efectos directos sobre el comportamiento futuro de los flujos de caja de la empresa[8], en el ejemplo siguiente se incorpora solo el efecto de la deuda, como una forma de determinar el costo real de financiar el proyecto mediante la opción de la deuda.

Ejemplo 5.5

Suponga que se quiere medir el impacto de financiar parte de la inversión de un proyecto con un préstamo de $200.000 a 10% de interés anual. En los flujos de caja que se muestran a continuación, se observa que, al incluir el interés del primer año ($20.000), el flujo disminuye solo en $17.000. Es decir, 85% de su monto total.

Al igual que en el caso anterior, al agregarse este costo financiero, la utilidad proyectada para el primer periodo baja en ese mismo monto y, por lo tanto, deja de pagarse 15% del impuesto que antes se pagaba sobre él.

8 Si la empresa financió con deuda la compra de una máquina, por ejemplo, es posible que se vean afectados los costos asociados directamente con su funcionamiento y mantenimiento, aunque con eventuales incrementos en los ingresos derivados de una mayor productividad, por lo que habrá otros efectos tributarios adicionales.

Tabla 5.5 ***Cálculo del efecto tributario de la deuda***

	Sin deuda ($)	Con deuda ($)	Análisis incremental ($)
Ingresos	$100.000	$100.000	
Costos	–$40.000	–$40.000	
Gastos financieros		–$20.000	–$20.000
Depreciación	–$10.000	–$10.000	
Utilidad	$50.000	$30.000	–$20.000
Impuesto	–$7.500	–$4.500	$3.000
Utilidad neta	$42.500	$25.500	–$17.000
Depreciación	$10.000	$10.000	
Flujo neto	$52.500	$35.500	–$17.000

De lo contrario, se deduce que el costo efectivo de la deuda corresponde al interés cobrado por la institución financiera menos el ahorro tributario de sus gastos financieros. Es decir, anualmente, la empresa se ahorrará el equivalente a la tasa de impuesto aplicada sobre la parte del servicio anual correspondiente a los intereses del préstamo.

Si por cada peso de interés hay un beneficio tributario de 15%, se puede expresar el costo efectivo de la deuda.

$$C_{rd} = i\,(1 - t) \tag{5.3}$$

Donde C_{rd} es el costo efectivo de una deuda; i, el interés pagado, y t, la tasa de impuesto.

Con los datos del Ejemplo 5.5, se obtiene el siguiente resultado al reemplazar las variables de la Ecuación 5.3:

$$0{,}1\,(1 - 0{,}15) = 0{,}085$$

Es decir, 8,5%.

5.2 Efecto tributario relevante para la evaluación

Cuando la implementación de un proyecto en una empresa genera pérdidas contables durante los primeros años, se pueden observar las siguientes situaciones.

- **Situación 1:** que las utilidades proyectadas para la empresa sin hacer el proyecto sean superiores a las pérdidas estimadas para el proyecto.
- **Situación 2:** que las utilidades proyectadas para la empresa sean inferiores a las pérdidas estimadas para el proyecto.
- **Situación 3:** que la empresa tenga pérdidas proyectadas superiores a las utilidades futuras esperadas del proyecto.

Para cualquiera de las tres situaciones hay dos procedimientos posibles, aunque de distinto valor informativo para quien debe decidir: evaluar el proyecto en forma independiente del resto de la empresa o hacerlo inserto como parte de ella.

Ejemplo 5.6 (situación 1)

Si un proyecto estima pérdidas contables de $200 para cada uno de los primeros dos años y utilidades de $800 para el tercero, el efecto tributario, en la primera situación, suponiendo que la empresa espera utilidades contables anuales de $1.000, se obtendría de la siguiente forma.

Tabla 5.6 ***Situación 1: Comparación del efecto tributario con y sin proyecto***

	Año 1	Año 2	Año 3	Total
Utilidad empresa sin proyecto	$1.000	$1.000	$1.000	$3.000
Impuesto 15%	–$150	–$150	–$150	–$450
Utilidad empresa con proyecto	$800	$800	$1.800	$3.400
Impuesto 15%	–$120	–$120	–$270	–$510

Como se puede observar, la utilidad total de los tres años aumenta en $400 y el impuesto lo hace en $60 (15% de los $400).

El efecto tributario del proyecto podría calcularse, alternativamente, como sigue.

Tabla 5.7 ***Situación 1: Cálculo del efecto tributario incremental***

	Año 1	Año 2	Año 3	Total
Utilidad del proyecto	–$200	–$200	$800	$400
Impuesto 15%			–$60	–$60

En este caso, se considera la posibilidad de una rebaja de las utilidades tributarias futuras debido a las pérdidas de los primeros años. En esta situación, al tercer año se acumulan utilidades de $400 por las pérdidas acumuladas en los primeros dos años.

Una forma alternativa de cálculo es incorporar la "contribución" de las pérdidas del proyecto para rebajar las utilidades totales de la empresa, lo que permite observar, en consecuencia, un ahorro tributario en los primeros dos años, tal como se muestra en la Tabla 5.8.

Tabla 5.8 ***Situación 1: Cálculo alternativo del efecto tributario incremental***

	Año 1	Año 2	Año 3	Total
Utilidad del proyecto	–$200	–$200	$800	$400
Impuesto 15%	$30	$30	–$120	–$120

Mientras que el primer caso considera que al tener pérdidas el proyecto corresponde asignar cero impuestos en los primeros dos años, el segundo incorpora el beneficio indirecto de la pérdida contable del proyecto sobre el resto de la organización, al posibilitar reducir la utilidad de la empresa en $200 y, por lo tanto, el impuesto en $30 en cada uno de los primeros años. Al tercer año, se deberá asignar al proyecto un impuesto de 15% de la utilidad de $800 "aportada" a la empresa.

Como se puede observar, en ambos casos, el efecto total del impuesto acumulado en los tres años asciende a $60; la única diferencia es la que se generaría por la distinta ocurrencia de sus flujos en el tiempo, afectando el resultado en el equivalente al costo del dinero en el tiempo. Es decir, aunque desde un punto de vista conceptual se podría discutir la conveniencia de uno u otro método, para medir la rentabilidad, la diferencia resulta solo marginal, ya que el valor actual de los flujos tributarios distintos (pero de igual suma total) no será significativo en la mayoría de los casos.

Ejemplo 5.7 (situación 2)

La segunda situación es similar a la primera. Supóngase que la empresa, sin hacer el proyecto, tiene utilidades estimadas de $100 anuales. El efecto tributario para la empresa sería el siguiente.

Tabla 5.9 ***Situación 2: Comparación del efecto tributario con y sin proyecto***

	Año 1	Año 2	Año 3	Total
Utilidad empresa sin proyecto	$100	$100	$100	$300
Impuesto 15%	–$15	–$15	–$15	–$45
Utilidad empresa con proyecto	–$100	–$100	$900	$700
Impuesto 15%	$0	$0	–$105	–$105

El proyecto ocasiona una pérdida contable a la empresa, en los primeros dos años, que se transforma en un crédito fiscal para calcular el impuesto del tercer año.

El efecto tributario del proyecto también se podría calcular alternativamente como sigue.

Tabla 5.10 ***Situación 2: Cálculo del efecto tributario incremental***

	Año 1	Año 2	Año 3	Total
Utilidad del proyecto	–$200	–$200	$800	$400
Impuesto 15%			–$60	–$60

O, si se considera su impacto hacia el total de la empresa, se podría calcular como en la Tabla 5.11.

Tabla 5.11 ***Situación 2: Cálculo alternativo del efecto tributario incremental***

	Año 1	Año 2	Año 3	Total
Utilidad del proyecto	–$200	–$200	$800	$400
Impuesto 15%	$15	$15	–$90	–$60

El primer caso es similar al de la situación anterior. Sin embargo, en el segundo se considera que el proyecto “contribuye” a que la empresa deje de pagar el impuesto presupuestado de $15 para cada uno de los primeros dos años, aunque el tercero agrega $90 de impuesto, que corresponde a 15% de las utilidades que genera el proyecto ($800) menos el crédito de la empresa en los primeros dos años ($100 anuales o $200 acumulados).

Igual que en la situación anterior, en cualquiera de las opciones el total del efecto tributario ocasionado por el proyecto sobre los resultados de la empresa es de $60; solo cambia el valor actualizado de los respectivos flujos de caja.

Ejemplo 5.8 (situación 3)

Para ejemplificar la tercera situación, se supondrá que la empresa proyecta pérdidas contables anuales de $100 si no hace el proyecto. El siguiente resultado se observa al incluir el efecto tributario del proyecto sobre la empresa.

Tabla 5.12 ***Situación 3: Comparación del efecto tributario con y sin proyecto***

	Año 1	Año 2	Año 3	Total
Utilidad empresa sin proyecto	–$100	–$100	–$100	–$300
Impuesto 15%				
Utilidad empresa con proyecto	–$300	–$300	$700	$100
Impuesto 15%			–$15	–$15

Cuando la empresa tiene pérdidas, surge la duda de si el proyecto debe o no incluir como beneficio propio el aprovechamiento del crédito fiscal generado por el resto de la empresa. Aunque la respuesta es discutible, parece aconsejable incluir este beneficio cuando existe un único proyecto para incorporarlo a la empresa y no incluirlo cuando existe más de una inversión posible, para no distorsionar el resultado de la comparación de las rentabilidades entre dos o más proyectos. En la Tabla 5.13, se expone el efecto del impuesto con y sin crédito fiscal para la empresa.

Tabla 5.13 ***Situación 3: Cálculo del efecto tributario incremental***

	Año 1	Año 2	Año 3	Total
Con crédito fiscal empresa			–$15	–$15
Sin crédito fiscal empresa			–$60	–$60

El segundo caso (sin crédito fiscal de la empresa) es similar a lo expuesto para las dos situaciones anteriores. El primer caso, con crédito fiscal de la empresa, incorpora como beneficio indirecto la reducción de utilidades y de pago de impuestos que la pérdida contable de la empresa le permite descontar el tercer año.

El objetivo de este capítulo fue presentar una sistematización y un análisis de los costos pertinentes más importantes para tomar una decisión de inversión en empresas en marcha. En los próximos capítulos, se hace una aplicación de estos conceptos a los principales proyectos, según la tipología expuesta en el Capítulo 1, para analizar en el Capítulo 12 los criterios para lograr su optimización.

5.3 Impuesto al valor agregado

Otro efecto tributario que es importante analizar para estudiar proyectos de inversión es el del impuesto al valor agregado (IVA). Las ventas que efectúe el proyecto cuando entre en funcionamiento podrían generar un débito fiscal por el IVA cobrado a los clientes[9]. Al ser la empresa un intermediario en la recaudación de este impuesto entre el consumidor y el fisco, le corresponde transferírselo a este. Sin embargo, con sus propias compras afectas a IVA genera un crédito fiscal a favor, ya que, al no ser consumidor final, puede deducir el IVA pagado a proveedores del cobrado a clientes. El concepto de un impuesto al valor agregado consiste justamente en gravar solo el valor añadido al producto por cada agente de la cadena de fabricación. Este impuesto suele ser omitido por quienes formulan los proyectos, por considerar que la empresa actúa solamente como una intermediaria en su recaudación[10].

Ejemplo 5.9

Si el IVA fuese de 19% y todos los ingresos y egresos estuvieran afectos a él, se podría tener la siguiente situación.

Tabla 5.14 ***Efecto neto del IVA***

	Sin IVA	IVA	Con IVA
Ingresos	$1.000	$190	$1.190
Egresos	–$600	–$114	–$714
Flujo	$400	$76	$476

Aunque el resultado pudiera parecer distinto, el excedente neto para el inversionista siempre es el mismo, ya que al flujo con IVA debe restársele $76, correspondientes a la diferencia entre el débito y el crédito fiscal generado por el IVA, con lo que se obtiene un flujo similar al calculado sin IVA. Esto, por cuanto la empresa actúa como una intermediaria entre el consumidor y el fisco en la recaudación de ese impuesto.

Si bien esto es cierto y válido para muchos estudios de viabilidad, especialmente en niveles de prefactibilidad o perfil, se deben reconocer las siguientes tres excepciones:

1. Cuando se calcula el monto que deberá ser invertido en el capital de trabajo, ya que el IVA correspondiente a las compras deberá ser financiado, independientemente de que después se recupere en las ventas.

9 Hay muchos productos y servicios que no están afectos a IVA, como por ejemplo las matrículas o los aranceles cobrados a los estudiantes, o las prestaciones médicas.

10 Cada país define y modifica la tasa de este impuesto. Por ejemplo, en Canadá es solo de 5%; en Paraguay, 10%; Ecuador y Venezuela, 12%; Bolivia, 13%; Colombia y México, 16%; España y Rusia, 18%; Chile, Perú y Alemania, 19%; Francia, 19,6%; Italia, 20%; Argentina, 21%; Uruguay, 22%, y Dinamarca y Suecia, 25%, entre otros.

2. Cuando la empresa efectúa sus ventas o da servicios sin IVA y sus compras sí están afectas; por ejemplo, en el caso de las sociedades de profesionales, la prestación de servicios de educación, las iglesias, el ejército, etcétera.

3. Cuando el desfase de tiempo y la cuantía del IVA pagado en las inversiones son altos, ya que afectan al costo de capital inmovilizado hasta que ese impuesto es recuperado. Generalmente, esto no es tan relevante en países donde el IVA por adquisiciones de activos fijos es susceptible de ser recuperado anticipadamente (una vez cumplido un periodo de seis meses contados desde el mes en que fue adquirido y utilizado el crédito fiscal asociado, por ejemplo). Sin embargo, cuando esta situación no se da, el desfase entre el momento en que se paga este impuesto y los momentos futuros en que se recupera puede generar un importante efecto sobre la rentabilidad del negocio, determinado por el costo de capital que inmoviliza.

Ejemplo 5.10

Si para un proyecto se requiere comprar una máquina en $5.000 más IVA y suponiendo que la tasa de impuesto es 19%, en la inversión se debió desembolsar $5.950. Es decir, se generó un crédito fiscal por $950.

Suponga que las ventas anuales ascienden a $3.000 más IVA y que en la fabricación se ocuparán insumos por los que se pagarán $1.600 más IVA, además de otros egresos que no están afectos a este impuesto, como las remuneraciones. Es decir, cada año se recaudan $570 en IVA y se pagan $304, lo que permite elaborar el siguiente flujo de IVA devengado.

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
IVA cobrado a clientes		$570	$570	$570	$570	$570
IVA pagado a proveedores	–$950	–$304	–$304	–$304	–$304	–$304
IVA agregado	–$950	$266	$266	$266	$266	$266

El IVA crédito de $950 que se generó cuando se compró la máquina permite a la empresa, al final del primer año, dejar de entregarle al fisco los $266 cobrados en IVA por sobre los pagados a proveedores, ya que lo descuenta del crédito acumulado, ahorrándose la transferencia. Cuando el crédito se agota, debe entregar el IVA recaudado del consumidor final. El saldo anual del crédito fiscal acumulado sería como sigue.

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Crédito inicio de año		$950	$684	$418	$152
Deducción		–$266	–$266	–$266	–$266
Crédito final de año		$684	$418	$152	–$114

De lo anterior se infiere que el proyecto debe desembolsar al inicio $950 por IVA, pero que se ahorra, los primeros tres años, transferir $266. El cuarto año, deduce los $152 que quedan de crédito y solo traspasa $114. Esto se muestra en la siguiente tabla.

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Flujo IVA	–$950	$266	$266	$266	$152

La suma de los IVA dejados de pagar es $950. Sin embargo, aunque todo lo pagado fue recuperado, la diferencia entre los momentos en que fue pagado y luego ahorrado hace necesario compararlos en una unidad común de tiempo, mediante la aplicación de las matemáticas financieras que se explican más adelante.

Suponiendo que la tasa de costo de capital que se le exige a toda inversión realizada en este proyecto es de 12%, el valor actual de los ahorros de IVA de los cuatro años equivale a $735,49. Esto significa que el proyecto deberá considerar una reducción en su rentabilidad equivalente a la diferencia entre este valor y los $950; es decir, de $214,51.

El IVA no es un impuesto operacional y, por lo tanto, no se debe incluir en los estados de resultados para calcular las utilidades contables y los impuestos correspondientes a esas utilidades. Por la misma razón, no se debe incluir para el cálculo de la depreciación.

Desde un punto de vista fiscal, el IVA es un impuesto que se traslada al consumidor, no es parte de la inversión y, por lo tanto, no deberá ser considerado para determinar la cuantía del monto anual de la depreciación de los activos sujetos a “desgaste” contable.

5.4 Inversiones y costos de la administración

El componente administrativo de los proyectos es fundamental para lograr los objetivos que persiga el negocio. No basta con tener definido el proceso productivo con el máximo detalle para que el desempeño institucional sea eficiente. La eficacia de los resultados exige que se definan la estructura organizacional óptima y los planes de trabajo administrativo, y que se determinen, en función de estos, los requerimientos de recursos humanos, materiales y financieros.

El diseño de las estructuras organizacionales depende de criterios y principios de administración no generalizables a todos los proyectos. Entre ellos destacan la división del trabajo, la departamentalización y la delegación de funciones. Estos determinarán la cantidad de cargos y puestos administrativos, el perfil y la remuneración de cada uno de ellos, las necesidades de espacios, equipos y mobiliario, y los gastos en que se deberá incurrir para su normal funcionamiento.

La teoría administrativa propone soluciones respecto del tamaño adecuado de unidades subordinadas a cada cargo, de acuerdo con la esfera de control y supervisión de tareas, cercanía del personal y complejidad de las funciones delegadas, entre otras.

Si bien cada persona tiene estilos de dirección diferentes –lo que hace casi imposible prever la estructura administrativa que adoptará el proyecto cuando sea implementado–, el evaluador deberá estimar una estructura organizacional normal para calcular las inversiones y los costos que requerirá considerar en la medición de la rentabilidad. Dentro de esta estructura, será fundamental la definición del perfil profesional de quien administre el proyecto cuando entre en funcionamiento.

Las inversiones en organización siguen un procedimiento de cálculo similar al explicado para dimensionar las variables técnicas, incluyendo los gastos previos a la puesta en marcha ocasionados por la participación de unidades externas, como en el diseño de la imagen corporativa y el apoyo legal para la constitución de la sociedad. Algunas inversiones podrán ser ejecutadas por unidades externas o por personal del propio proyecto, como por ejemplo los diseños del plan de cuentas contable, de los sistemas de facturación, cobranza, inventario y proveedores, y de la base de datos de clientes, entre muchos otros. Cualquiera que sea la unidad, interna o externa, responsable de prepararlos, el costo que ello involucra debe incluirse como un egreso previo a la puesta en marcha.

Posiblemente, en la definición de los espacios físicos y sus características influirán, además de aspectos funcionales (dotación de personal, flujos de movimiento, atención al público, bodegas de materiales de oficina, archivos y bases de datos), aspectos de carácter estético que determinarán el tamaño, la calidad y las características de los espacios, muebles y equipos de oficina.

De la misma manera como se hace para la selección de las tecnologías operativas o productivas, aquí se deberá determinar cuál tecnología administrativa es la más adecuada para el proyecto. No siempre la opción más moderna o completa será la más conveniente, ya que la solución óptima dependerá de las características específicas de las tareas a realizar.

A veces, se decide comprar una computadora con 30 gigabytes de memoria en vez de una de 20 gigabytes, porque la diferencia en el precio del equipo no sobrepasa 0,2% del total de la compra. Sin embargo, si se estima que no se va a alcanzar a ocupar la memoria de 20 gigabytes antes de que la computadora deba ser sustituida, no tiene sentido optar por la mayor capacidad de memoria.

La tecnología administrativa elegida permitirá definir tanto la magnitud de la inversión en las variables organizacionales como los gastos administrativos anuales del proyecto. Los gastos propiamente tales de la administración son, como su nombre lo

indica, los que provienen de realizar actividades administrativas de apoyo a la gestión. Si bien se asocian a estos el sueldo del gerente, de los contadores, de las secretarias y del personal de apoyo, y los gastos propios del funcionamiento de las oficinas, es posible identificar un conjunto de otras áreas que harán variar estos gastos de acuerdo con la estructura organizacional que se les asigne. Así, por ejemplo, podrá existir una gerencia de recursos humanos si la dotación de personal es muy grande; una de investigación y desarrollo si el proyecto genera innovaciones tecnológicas; o, incluso, una de relaciones públicas si se busca influir en el sector gobierno u otro externo a la institución.

Dependiendo de las características de cada proyecto, se podrán también considerar gastos vinculados con transporte del personal, mantenimiento de salas cunas para hijos de funcionarios, servicios recreativos y deportivos, bonos de Navidad, arriendo de oficinas, convenios de mantenimiento de equipos, suscripciones a revistas especializadas, seguros, correspondencia, viáticos, renovación de *software*, pago de patentes y permisos municipales, etcétera.

La estructura administrativa de la empresa que resulta del proyecto no debe considerarse como permanente en el tiempo, ya que ella es tan dinámica como lo serán la propia institución y su entorno. Esto hace que la organización que se diseñe tenga la flexibilidad suficiente para adecuarse fácilmente a los cambios de la empresa.

5.5 Efectos económicos de las variables legales

Por la viabilidad legal de un proyecto se determina la existencia o la inexistencia de normas que pudieran restringir la realización del negocio o condicionar su materialización al cumplimiento de algunos requisitos mínimos para poder implementarlo. Por otra parte, el estudio técnico de la viabilidad económica estima las inversiones de una construcción y de una tecnología, y los costos de su uso. El estudio legal de la viabilidad económica estimará los efectos que las normas establecidas tendrán sobre los costos y beneficios de un proyecto que ya es viable legalmente. Entre otros, se deberá considerar el gasto que podrían ocasionar algunos de los siguientes factores legales:

- Patentes y permisos municipales.
- Elaboración de contratos laborales y comerciales.
- Estudios de posesión y vigencia de títulos de propiedad.
- Gastos asociados con la inscripción en registros públicos de propiedad.
- Inscripción de marcas.
- Aranceles y permisos de importación.

- Indemnizaciones de desahucios.
- Contratos con mutuales de seguridad de los trabajadores.
- Obligaciones en caso de accidentes de trabajo.
- Tratamiento fiscal de depreciaciones y amortizaciones contables.
- Impuestos a las ganancias, la propiedad y el valor agregado.
- Regulaciones internacionales.

Desde la aprobación misma del estudio del proyecto empiezan a identificarse egresos vinculados con los aspectos legales, tales como la constitución de la sociedad y las licencias, las patentes y los derechos de uso de alguna propiedad intelectual o registro comercial.

Preguntas y problemas

5.1 Explique en qué caso el monto de los impuestos aparece con signo positivo.

5.2 ¿Qué representa y cómo se calcula la depreciación de los activos?

5.3 ¿Qué representa el valor libro de un activo?

5.4 ¿Qué es el valor residual?

5.5 ¿Qué es el valor comercial de un activo?

5.6 Explique por qué se dice que, al evaluar un proyecto de ampliación, la empresa debe considerar que por comprar maquinaria ya recuperó el equivalente a la tasa de impuesto a las utilidades aplicada al valor de compra y corregida por el efecto del valor tiempo del dinero.

5.7 ¿Cómo cambia la riqueza del inversionista el día que se adquiere un activo?

5.8 Explique el efecto tributario de financiar una inversión mediante *leasing*.

5.9 ¿Por qué se dice que el costo efectivo de asumir una deuda es inferior a la tasa pactada con la institución financiera que otorga el préstamo?

5.10 ¿En qué consiste el análisis incremental de impuestos?

5.11 ¿Cuáles son los procedimientos alternativos para determinar los impuestos relevantes de un proyecto en una empresa en marcha?

5.12 ¿En qué casos el IVA puede ser un factor relevante en los proyectos?

5.13 Explique si el IVA debe o no ser considerado como parte de la inversión y si debe o no ser incluido para el cálculo de la depreciación de los activos.

5.14 ¿Qué variables explican el monto a invertir en los aspectos administrativos y organizacionales de un proyecto?

5.15 ¿Cuáles son los principales efectos económicos de las variables legales?

5.16 Determine el valor que tiene para una empresa un activo que debe venderse en $28.000 y registra un valor de $35.000. Considere una tasa de impuesto a las utilidades de 15%.

5.17 Una empresa presenta actualmente el flujo de caja que se muestra en la tabla siguiente.

Ingresos	$360.000.000
Egresos	–$210.000.000
Depreciación	–$50.000.000
Utilidad antes de impuestos	$100.000.000
Impuesto	–$15.000.000
Utilidad neta	$85.000.000
Depreciación	$50.000.000
Flujo de caja	$135.000.000

Determine el efecto neto en el flujo de caja, frente a un aumento de $20.000.000 en el costo de los insumos, suponiendo que no es posible traspasar este incremento a los precios.

5.18 Con los datos del flujo de caja actual del Ejercicio 5.17, determine cómo cambiaría el flujo del año siguiente si este toma un endeudamiento bancario por $10.000.000 a 8% de interés anual, para incrementar el nivel de los inventarios.

5.19 Determine el impacto sobre los flujos de caja de una empresa que evalúa realizar un *outsourcing* que le permitiría liberar un activo posible de vender en $12.000.000, cuyo valor libro es de $16.000.000.

5.20 ¿Cuál sería el efecto sobre el flujo de caja del proyecto si el mismo activo tuviese un valor libro de $10.000.000?

5.21 La compra en $60.000.000 de un equipo para ampliar la capacidad productiva de la empresa posibilitaría aumentar los ingresos anuales en $22.000.000 y los egresos anuales en $12.000.000. Si se puede depreciar linealmente en cinco años, ¿cómo afectará los flujos de caja del siguiente año?

5.22 Determine el efecto tributario anual y total de un proyecto en una empresa en funcionamiento que, si no hace el proyecto, calcula utilidades antes de impuestos por $4.000 anuales para cada uno de los próximos cinco años. El proyecto generará pérdidas contables de $1.000, $600 y $200 los primeros tres años, y utilidades de $1.500 y $2.400 el cuarto año y el quinto, respectivamente. Suponga una tasa de impuesto a las utilidades de 15%.

5.23 Determine el efecto tributario anual del proyecto, para una tasa de impuesto a las utilidades de 15%, si dichas utilidades se estiman, para la empresa y el proyecto, como sigue.

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Empresa	$10.000	$12.000	$14.000	$16.000
Proyecto	–$13.000	–$13.000	$20.000	$30.000

5.24 En el estudio de creación de una nueva empresa, se estiman las siguientes utilidades antes de impuestos. Determine el impuesto anual, para una tasa de impuesto a las utilidades de 15%, si dichas utilidades se estiman como sigue.

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8
Proyecto	–$10.000	–$4.000	$1.000	$2.000	$4.000	–$4.000	$4.000	$4.000

5.25 Un proyecto que estudia la creación de una nueva empresa estima las utilidades anuales antes de impuestos como se indica en la tabla siguiente. Determine el impuesto anual, para una tasa de impuesto a las utilidades de 15%, si dichas utilidades se estiman, anualmente, como sigue.

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8
Proyecto	–$6.000	$2.000	$2.000	$2.000	$2.000	–$3.000	$5.000	$5.000

5.26 Una empresa considera que su opción para solucionar el problema de pérdidas proyectadas para los próximos cuatro años es la incorporación de un proyecto que posibilite trabajar en un nivel de producción más eficiente y que abarque nuevos mercados. Determine el efecto tributario del proyecto, si la tasa de impuesto a las utilidades fuese de 15% y la estimación de las utilidades antes de impuestos de la empresa y el proyecto fuese la siguiente.

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Empresa	–$5.000	–$5.000	–$5.000	–$5.000
Proyecto	–$2.000	$5.000	$10.000	$10.000

5.27 Determine en qué porcentaje se modificará el próximo año el flujo de caja de una empresa si compra una máquina que hará aumentar los beneficios netos (ingresos menos egresos) en un monto igual a su depreciación anual futura.

5.28 Un proyecto estima necesario comprar una máquina en $120.000 más IVA para lograr incrementar las ventas anuales en $50.000, asumiendo un mayor costo de $30.000, ambos más IVA. Suponiendo que la tasa de impuesto es de 19%, determine el flujo del IVA relevante para el proyecto.

5.29 Un proyecto de creación de una empresa que vende servicios profesionales no afectos a IVA estima ingresos anuales de $20.000. Las inversiones iniciales ascienden a $30.000, todas afectas a un IVA de 19%. Los egresos anuales se componen en $10.000 afectos a IVA y $4.000 no afectos. Construya el flujo de caja anual de ingresos y egresos del proyecto.

Capítulo

6

Costos e inversiones

El objetivo de este capítulo es exponer las metodologías y los distintos procedimientos de cálculo de los diferentes tipos de costos e inversiones que deben ser considerados en los proyectos, para su correcta incorporación en la construcción de los diversos flujos de caja que se deben elaborar para su evaluación.

Los egresos relevantes para la decisión se pueden diferenciar entre aquellos que constituyen inversión y los que son egresos de operación. Mientras que los primeros no son gastos deducibles de impuestos en el momento en que ocurre el desembolso, los segundos se deben anotar antes de impuestos, ya que permiten reducir la utilidad contable sobre la cual se calcula el monto de los impuestos pagaderos. Estos dos componentes de los costos de un proyecto se analizan principalmente en este capítulo, y se revisa el costo de falla vinculado con una política de mantenimiento, dando especial énfasis a cómo se debe determinar la inversión en capital de trabajo, así como al análisis de los costos relevantes y a los costos secundarios que podrían, en pocos proyectos, ser de alta relevancia en los resultados de una evaluación: el comportamiento decreciente de los costos por el efecto de los ajustes del proceso natural de aprendizaje cuando se incorpore nueva tecnología, el crecimiento de los costos por antigüedad de los equipos y la irrelevancia de algunos costos asignados.

6.1 Inversiones del proyecto

La mayoría de las inversiones de un proyecto se concentra en aquellas que se deben realizar antes del inicio de la operación, aunque es importante considerar también las que se deben realizar durante la operación del proyecto, tanto por la necesidad de reemplazar activos como para enfrentar la ampliación proyectada del nivel de actividad.

Las que se realizan antes de que el proyecto empiece a funcionar constituyen lo que los textos denominan calendario de inversiones previas a la puesta en marcha, caracterizado por incluir todos los desembolsos anteriores a la puesta en marcha. Es frecuente observar que se omiten, equivocadamente, parte de estos desembolsos por estar catalogados de manera contable como gastos, pero si son desembolsados antes del inicio de la operación del proyecto, deben necesariamente incluirse. Por ejemplo, la compra de un terreno obliga a pagar en forma anual un impuesto que, dependiendo del país, recibe el nombre de “territorial”, “contribuciones de bienes raíces”, “inmobiliario”, “patrimonial”, etc., el cual se paga desde que es adquirido y no desde el momento en que empieza a usarse. De igual modo, cuando se adquiere una maquinaria, el seguro (considerado como un gasto) es pagado por el proveedor y el transportista inicialmente, pero una vez en las instalaciones del proyecto, deberá ser pagado por este aun cuando no haya entrado en operación. Lo mismo con las remuneraciones del gerente general y todos aquellos que cumplirán funciones antes del inicio de actividades, algunos arriendos, comunicaciones y gastos de administración, entre otros. Por esto, el concepto correcto debería ser calendario de egresos previos a la puesta en marcha, para incluir tales desembolsos.

Como no existen dos proyectos iguales, es muy difícil generalizar lo que debe contener este calendario. Sin embargo, en él deben señalarse detalladamente la magnitud y el momento del tiempo en que ocurre cada desembolso, como por ejemplo el pago del terreno, los egresos para la construcción o la remodelación de la infraestructura y sus obras complementarias, la adquisición e instalación de maquinarias, mobiliario, vehículos y herramientas, la inversión promocional para dar a conocer la existencia del proyecto, los sistemas de información de apoyo a la gestión (contable, cobranzas, inventarios, clientes, proveedores, etc.) y los gastos en la constitución de la sociedad, entre otros.

Una inversión que suele confundir es la realizada en el propio estudio de la evaluación del proyecto. Cualquier inversión realizada en el pasado se considera un costo hundido si no tiene opción de uso o de venta. Muchos inversionistas hacen sus evaluaciones comparando lo gastado con los beneficios esperables. Como el pasado no se puede modificar, a esta inversión se la considera irrelevante para tomar la decisión. Por ejemplo, si su proyecto prevé comprar y vender 100 sándwiches que cuestan $20 y al final del día usted no ha vendido ninguno y alguien le ofrece $1 por cada uno, seguramente usted aceptará la oferta, porque su opción es perder $20 por cada uno, mientras que de esta forma solo pierde $19. Lo mismo pasa con el costo del estudio del proyecto. No debería incluirse en los flujos porque cualquiera que sea la decisión que se tome, habrá que pagarlo igual.

Ejemplo 6.1

Considérese una situación en la que, si hacer el proyecto permite obtener un VAN de $50 sin incluir el costo del estudio ($150), al incluirlo en el flujo resultaría negativo en $100. Pero, si no se hace la inversión, debe pagarse igual el costo del estudio, por lo que no hacerlo tendría un VAN negativo de $150. Es decir, se perderían $50 más no haciendo el proyecto que haciéndolo.

	Aceptar	Rechazar
Beneficios	$1.050	
Costos	–$1.000	
Costo estudio	–$150	–$150
VAN	–$100	–$150

Al excluir el costo hundido, porque no se puede modificar con la decisión que se tome, también se concluye que hacer el proyecto es mejor que no hacerlo en $50.

	Sin costo hundido
Beneficios	$1.050
Costos	–$1.000
Costo estudio	
VAN	$50

El único efecto relevante del costo del estudio sobre el flujo de caja es el beneficio tributario cuando el proyecto es de creación de una nueva empresa, ya que si se hace el proyecto, este gasto se activa como un intangible y es posible de amortizar (reduciendo la utilidad contable), pero si no se crea la empresa, no es recuperable por no poder contabilizarse. Cuando se evalúa un proyecto en una empresa en funcionamiento, tanto el costo del estudio como su efecto tributario son irrelevantes, ya que haciendo o no el proyecto, este se paga y el gasto es contabilizado.

Las inversiones de reemplazo se incluirán en función de la vida útil de cada activo, la que se puede calcular de acuerdo con distintos criterios.

- **Criterio contable:** supone que los activos deberán ser reemplazados en la misma cantidad de años en que pueden ser depreciados contablemente[1].

1 El periodo de depreciación corresponde al plazo en que una inversión es cargada a gasto contable con fines tributarios. Cuando se compra un activo, no cambia el valor de la empresa, pero al pasar el tiempo, este pierde valor. El fisco define con el término “depreciación” la pérdida de valor promedio anual de un activo, el cual puede descontarse de la utilidad como un gasto. El plazo en que se puede depreciar un activo se define como “periodo de depreciación”. En algunos países, recibe el nombre de “amortización a la depreciación”.

- **Criterio técnico:** define el periodo de reemplazo en función de estándares predeterminados de uso, que se relacionan con tasas estudiadas de fallas, obsolescencia de los equipos, horas de trabajo, años, unidades producidas u otra forma donde primen las características físicas de las inversiones.
- **Criterio comercial:** determina el periodo de reemplazo en funcionamiento de alguna variable comercial generalmente asociada a la imagen corporativa; por ejemplo, reemplazar los vehículos de gerencia o la flota de vehículos que distribuyen productos congelados, para dar a los clientes una imagen de modernidad, higiene y alta tecnología; o renovar muy ocasionalmente los vehículos en que se transporta vino, para dar una imagen de tradición, antigüedad e, incluso, de falta de procesos de tecnología moderna y de aditivos químicos en la elaboración del producto.
- **Criterio económico:** estima el momento óptimo económico de la sustitución, es decir, cuando los costos de continuar con un activo son mayores que los de invertir en uno nuevo[2].

El avance que se observa de manera creciente en los últimos años en casi todas las áreas tecnológicas puede determinar que se acorte la vida útil económica de un activo, aunque no su vida útil técnica ni contable.

Lo anterior hace conveniente elaborar un cuadro de requerimientos de activos para poder construir un calendario de inversiones de sustitución durante el horizonte de evaluación, tal como se explicó en el Capítulo 4.

Las inversiones más frecuentes en proyectos de ampliación, internalización y reemplazo se asocian con la construcción de las obras físicas necesarias y con la adquisición de equipamiento, mobiliario y vehículos. Pero no es posible esperar que un nuevo proyecto pueda funcionar sin tener definidos sus sistemas de información, su plan de cuentas contable, su sistema de cobranzas, de clientes y proveedores, su control de inventarios, la adquisición de licencias, el montaje y las pruebas para la puesta en marcha, la capacitación del personal, etcétera. Estos elementos son los que se conocen generalmente como activos intangibles. Para una correcta evaluación, se deberán estimar los desembolsos en todos los ítems que requerirán estar oportuna y adecuadamente disponibles en el momento de su puesta en marcha.

En proyectos de abandono y de *outsourcing*, es frecuente identificar el concepto de desinversión como una forma de expresar la liberación de recursos físicos que hace la empresa, a pesar de que con ello se incrementan los recursos líquidos que podrían tener una mayor rentabilidad de uso.

2 En el Capítulo 12, se aborda con profundidad el tema del momento óptimo económico del reemplazo de un activo.

6.2 Cómo determinar la inversión en capital de trabajo

Una inversión fundamental para el éxito o el fracaso de un negocio es la que se debe hacer en capital de trabajo. El proyecto puede considerar la inversión en todos los activos fijos necesarios para poder funcionar adecuadamente, pero si no contempla la inversión en el capital necesario para financiar los desfases de caja durante su operación, probablemente fracase.

Ejemplo 6.2

Dado el explosivo aumento de edificios en altura en lo que era un típico barrio residencial, un nuevo emprendedor estima posible vender 1.000 periódicos diarios a un precio de $100 cada uno. El costo de cada uno es de $80, por lo que, al día, podría tener una ganancia de $20.000. Los recursos que tiene ahorrados le alcanzan para pagar los permisos municipales y comprar el quiosco y un pequeño vehículo para transportar los periódicos.

Aunque tiene los 1.000 clientes esperando por su producto, si no tiene recursos adicionales para comprar temprano los periódicos, y dado que los distribuidores no dan crédito, el negocio no puede funcionar, a menos que el emprendedor consiga los $80.000.

Si un amigo le presta el dinero, en ese momento tiene en caja $80.000 y una deuda por pagar por ese mismo monto. Al comprar los periódicos, cambia la caja por inventario, pero sigue con la misma deuda.

Al vender los periódicos, su caja sube a $100.000, desaparece su inventario y mantiene la deuda en $80.000. Su esposa, que no quería que él hiciera este negocio, acostumbra a gastar $20.000 diarios en las compras para el hogar. Por lo tanto, este nuevo emprendedor pasa por su casa, le entrega $20.000 a su esposa y vuelve donde su amigo a pagar la deuda. Sin embargo, al darse cuenta de que no tendrá dinero para volver a comprar los periódicos al día siguiente, le pide a su amigo postergar un día más la cancelación de la deuda. Como puede observarse, aun cuando tenga ingresos superiores a sus egresos, lo que mantiene operando su negocio (si su esposa le exige $20.000 diarios para no abandonarlo y suponiendo que él no quiere que lo abandone) es mantener de por vida la deuda con su amigo.

Si su esposa, al verlo tan afligido después de varios meses, se entera de que es porque no ha podido cancelar la deuda, le cuenta que ha ahorrado exactamente $80.000 y se los da para solucionarle el problema, en ese momento se encuentra con $160.000 en caja, por lo que liquida la deuda por pagar. Al día siguiente, compra con el capital propio los periódicos y nuevamente al final del día tiene $100.000 en caja. Le da a su esposa los $20.000 acostumbrados y guarda nuevamente lo restante para poder continuar con su negocio.

Pero si su esposa no está en condiciones de ahorrar, él le pide que se vaya a la casa de su madre por cinco días. Con el préstamo de su amigo, el primer día de actividad amortiza $20.000 de la deuda con la ganancia obtenida. Al final del cuarto día, logra saldar la deuda y, con los excedentes del quinto día, vuelve a la rutina de entregarle a su esposa los $20.000 diarios.

Como puede observarse, el negocio para funcionar necesitó, además de los activos fijos, una cantidad permanente de recursos líquidos. En el primer caso, el emprendedor lo financió con deuda; en el segundo, con capital propio, y en el tercero, con las propias utilidades del negocio. Cualquiera que sea la fuente de financiamiento, requerirá mantener, mientras dure su negocio, $80.000 como capital operativo o capital de trabajo. Es por esto que el capital de trabajo se considera una inversión permanente en el proyecto.

Cuando el proyecto consiste en un proceso productivo donde hay un periodo de producción, otro de comercialización y otro de cobranza, el capital de trabajo deberá ser capaz de financiar todos los egresos que se ocasionan antes de recibir los pagos de los clientes.

Por ejemplo, si una empresa demora dos meses en transformar la materia prima en producto terminado, si además tiene un periodo de comercialización de otro mes y si las ventas las hace contra pago a 30 días, debe tener un capital de trabajo equivalente a la cuantía de los recursos que le permita cubrir los gastos en que tendrá que incurrir durante los 120 días que demora en recuperar los recursos que desembolsa.

Desde el punto de vista del cálculo de la rentabilidad de un proyecto, no es necesaria una gran precisión en su determinación, por cuanto el capital de trabajo, como se verá más adelante, si bien se considera como una inversión inicial, es un activo de propiedad permanente del inversionista que se mantiene en la empresa, por lo que deberá considerarse como parte de los beneficios recuperables en el tiempo. Solo tiene el efecto de su costo de capital por mantenerlo inmovilizado en el negocio en vez de invertirlo en otra opción rentable.

Si el informe que emana del estudio de la viabilidad económica del proyecto se utiliza además como un instrumento para pedir un préstamo o si evalúa, a nivel de factibilidad, la forma de cálculo, deberá seguir patrones más estrictos. Por ejemplo, si el capital de trabajo se calcula equivocadamente como 10% inferior a lo que efectivamente se requerirá, el error sobre el cálculo de la rentabilidad será sustancialmente inferior a ese monto, por lo que se considera como no tan relevante para la evaluación. Esto se explica porque, al ser esta inversión recuperable al final del periodo de evaluación, el error tendrá solamente el efecto correspondiente al mayor o al menor costo de capital inmovilizado entre el momento en que se hace la inversión y el momento en que se recupera, por estar reflejado en el presupuesto, con signo positivo, el mismo valor incluido en las inversiones con signo negativo.

Sin embargo, 10% menos de capital de trabajo disponible para la futura gestión del negocio haría que los recursos no alcancen a cubrir el desfase entre la generación de los ingresos a futuro y la ocurrencia de los gastos que se produzcan anticipadamente, ocasionando graves efectos negativos sobre los resultados que es posible alcanzar en su etapa de operación.

Existen tres modelos para calcular el monto para invertir en capital de trabajo: el método contable, el del periodo de desfase y el del déficit acumulado máximo.

El método contable proyecta los niveles promedios de activos corrientes o circulantes (recursos mantenidos en caja, cuentas por cobrar a clientes e inventarios) y de pasivos corrientes o circulantes (créditos bancarios de corto plazo, deudas con proveedores y otras cuentas por pagar de corto plazo), y calcula la inversión en capital de trabajo como la diferencia entre ambos.

Las dificultades para estimar una proyección confiable de cada variable hacen recomendable utilizar este método únicamente cuando, en una empresa en marcha, se encuentre que el capital de trabajo contable observado históricamente está correlacionado con alguna variable mensurable y conocida para el nuevo proyecto, como por ejemplo el volumen de la producción, el valor de los activos o el costo de los insumos, entre otras. De esta forma, se puede definir un estándar y aplicarlo al proyecto que se evalúa. Por sus limitaciones, se usa principalmente a nivel de perfil o de prefactibilidad y cuando se pueda determinar el estándar antes señalado.

En algunos casos, se puede calcular el estándar sobre promedios de la industria. Por ello, también se debe definir la variable que explica el comportamiento del capital de trabajo contable en las empresas del sector mediante el mismo análisis de correlación, tal como se vio en el Capítulo 3.

Ejemplo 6.3

Una empresa productora de queso encuentra que su nivel de trabajo contable ha tenido, históricamente, un comportamiento muy similar a la tendencia observada en el costo de adquisición de su principal materia prima, la leche.

La función que mejor explica esta relación está dada por la ecuación siguiente.

$$Ctc = 6.947 + 0{,}65\ Lc$$

Donde *Ctc* es el capital de trabajo contable y *Lc* es el monto anual de las compras de leche.

Si se está evaluando una posible ampliación, que obligará a aumentar las compras de la leche en $54.000 anuales, se puede estimar que se requerirá invertir en capital de trabajo adicional lo que resulte de la ecuación anterior, es decir:

$$ICT_0 = 6.947 + 0{,}65\ (54.000) = \$42.047$$

Donde ICT_0 es el monto de inversión inicial estimado para garantizar el financiamiento de la inversión durante el primer año de operación.

Cualquier cambio proyectado en el nivel de operación en los siguientes años se manifestará en una variación en el valor de las compras de la leche y, en consecuencia, se deberá considerar también una variación en el nivel de inversión necesario en capital de trabajo. Generalmente, se aplica una variación proporcional, sin considerar el posible impacto de economías o deseconomías de escala del crecimiento o la disminución de la producción futura. Este criterio se aplica en cualquiera de los tres métodos de cálculo de esta inversión.

El segundo modelo es el método del periodo de desfase, que calcula la inversión en capital de trabajo como la cantidad de recursos necesarios para financiar los costos de operación desde que se inician los desembolsos hasta que se recuperan. Para ello, toma el costo promedio diario[3] y lo multiplica por el número de días estimados de desfase:

$$ICT_0 = \frac{Ca_1}{365} * n \qquad (6.1)$$

Donde ICT_0 es el monto de la inversión inicial en capital de trabajo; Ca_1, el costo anual proyectado para el primer año de operación[4], y n, el número de días de desfase entre la ocurrencia de los egresos y la generación de ingresos.

Ejemplo 6.4

Los registros históricos de una clínica maternal muestran que 20% de las madres llegaron para tener un parto normal y 80% por cesárea. De las madres que llegaron para parto normal, 90% lo tuvieron y 10% lo hicieron por cesárea. Es decir, la clínica atendió 18% de partos normales y 82% por cesárea.

El tiempo de permanencia promedio en la clínica es de dos días para partos normales y 3,5 días para cesáreas. La permanencia promedio ponderada es, en consecuencia:

0,18 x 2,0	= 0,36
0,82 x 3,5	= 2,86
Permanencia promedio	3,23

3 Esto resulta sencillo por tener la referencia del costo anual en el flujo de caja del proyecto. Obviamente, los costos anuales son solo los desembolsables, por cuanto ni la depreciación ni la amortización de los intangibles deben ser financiadas con capital de trabajo.

4 No deben incluirse en estos costos aquellos que no requieren financiarse con capital de trabajo, como por ejemplo las comisiones de los vendedores que se pagan con posterioridad al cobro a los clientes.

La clínica demora aproximadamente cuatro días en facturar.

Del total de pacientes, 40% no tiene previsión y paga de la siguiente manera:

Al contado:	30%
A plazo promedio 30 días:	70%

El 60% restante tiene previsión y la cobranza demora 60 días en promedio. El plazo promedio ponderado de cobranza resulta de:

30% de 40% sin previsión y pago contado	=	0 días
70% de 40% sin previsión y pago contado	=	30 días
60% con previsión	=	60 días

Es decir:

0,3 × 0,4 × 0	=	0,0 días
0,7 × 0,4 × 30	=	8,4 días
0,6 × 60	=	36,0 días
Cobranza promedio		44,4 días

En resumen:

Permanencia promedio	3,23 días
Promedio facturación	4,00 días
Cobranza promedio	44,40 días
Periodo a financiar	51,36 días

Si el costo anual de la clínica es de $365.000, la inversión en capital de trabajo sería:

$$\frac{365.000}{365} \times 51{,}63 = \$51.630$$

Al utilizar este método, que trabaja con estimaciones de promedios diarios, se está frente a una típica situación de información secundaria, por lo que se emplea fundamentalmente en estudios de prefactibilidad y en aquellos de factibilidad que se usarán solo para medir la rentabilidad del proyecto y en situaciones que no presenten estacionalidades.

En tanto, el método del déficit acumulado máximo es el más exacto de los tres disponibles para calcular la inversión en capital de trabajo, al determinar el máximo déficit que se produce entre la ocurrencia de los egresos y los ingresos. A diferencia del

método anterior, considera la posibilidad real de que durante el periodo de desfase ocurran tanto estacionalidades en la producción, ventas o compras de insumos como ingresos que permitan financiar parte de los egresos proyectados. Para ello, elabora un presupuesto de caja donde detalla, para un periodo de 12 meses, la estimación de los ingresos y egresos de caja mensuales.

A diferencia del flujo de caja del proyecto, que se elabora para periodos generalmente anuales, aquí deben incluirse egresos que suceden durante el año; por ejemplo, los pagos provisionales mensuales de los impuestos o el IVA, que, como se verá más adelante, no siempre se incluyen en la proyección de los flujos de caja.

El siguiente ejemplo simplificado muestra la estructura de análisis para determinar la cuantía de recursos que financian el máximo de los déficits operacionales para el nivel de producción que se observará en el primer año de funcionamiento.

Ejemplo 6.5

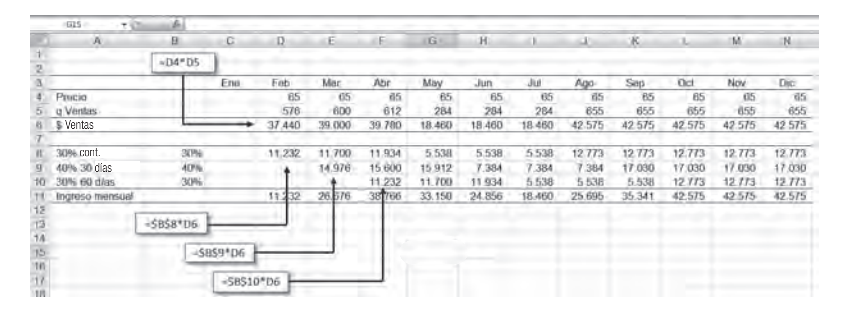
Una empresa busca determinar el monto que deberá destinar a la inversión en capital de trabajo si se aprueban la fabricación y la venta de un nuevo producto para aprovechar capacidad instalada ociosa.

El proceso de producción demora 20 días y se estima un periodo promedio de ventas de 10 días. Como resultado del estudio del mercado, se proyecta vender a $65 cada una las cantidades mensuales que se muestran en la Figura 6.1. Durante los meses de mayo, junio y julio, el negocio enfrenta una disminución en las ventas ocasionada por una estacionalidad estructural, y, por lo tanto, se puede suponer que se mantendrá en los próximos años.

De acuerdo con las políticas comerciales de la empresa, se prevé un cobro de 30% al momento de materializarse la venta, 40% a 30 días y el 30% restante a 60 días.

El ingreso mensual presupuestado para el primer año de operación es, entonces, el que aparece en la última fila de la Figura 6.1.

Figura 6.1
Proyección de ingresos mensuales



		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precio			65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
q Ventas			576	600	612	284	284	284	655	655	655	655	655
$ Ventas			37.440	39.000	39.780	18.460	18.460	18.460	42.575	42.575	42.575	42.575	42.575
30% cont.	30%		11.232	11.700	11.934	5.538	5.538	5.538	12.773	12.773	12.773	12.773	12.773
40% 30 días	40%			14.976	15.600	15.912	7.384	7.384	7.384	17.030	17.030	17.030	17.030
30% 60 días	30%				11.232	11.700	11.934	5.538	5.538	5.538	12.773	12.773	12.773
Ingreso mensual			11.232	26.576	38.766	33.150	24.856	18.460	25.695	35.341	42.575	42.575	42.575

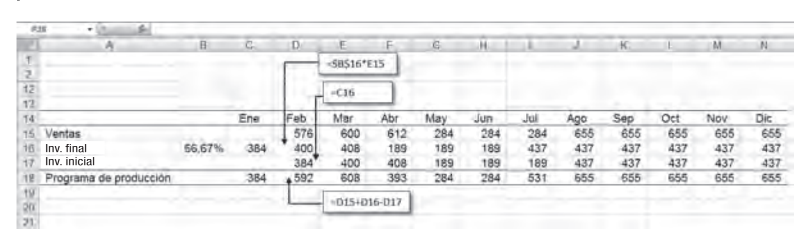
Para calcular los egresos mensuales, se debe definir primero la cantidad de unidades a producir cada mes. Para ello, se aplicará la siguiente ecuación.

$$Pp = Pv + If - Ii \tag{6.2}$$

Donde *Pp* es el programa de producción mensual; *Pv*, la proyección de unidades vendidas mensualmente; *If*, el inventario que debe estar disponible a fin de mes, e *Ii*, el inventario inicial del mes, que es igual al inventario final del mes anterior.

Como la producción es un proceso continuo, no se requiere tener el total de las ventas disponibles el primer día del mes. En este caso, se supondrá que la política de la empresa es mantener 66,67% de las ventas proyectadas para el mes como inventarios de seguridad equivalentes o terminados al principio de ese mes[5].

Figura 6.2
Programa de producción mensual



		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Ventas			576	600	612	284	284	284	655	655	655	655	655
Inv. final	66,67%	384	400	408	189	189	189	437	437	437	437	437	437
Inv. inicial			384	400	408	189	189	189	437	437	437	437	437
Programa de producción		384	592	608	393	284	284	531	655	655	655	655	655

La primera fila repite la proyección de ventas mensuales expuesta en la Figura 6.1. La segunda fila corresponde a 66,67% de las ventas proyectadas para el mes siguiente y que deberán estar en el inventario al finalizar el mes de producción. La tercera fila es equivalente al saldo final del mes anterior. Así, la producción requerida en abril deberá ser suficiente para cubrir las unidades que se venderán ese mes más las que deberán estar en el inventario al inicio de mayo. Pero como al inicio de abril había 408 unidades, estas no deberán producirse y se descuentan del total anterior. Esto es:

$$Pp = 612 + 189 - 408 = 393$$

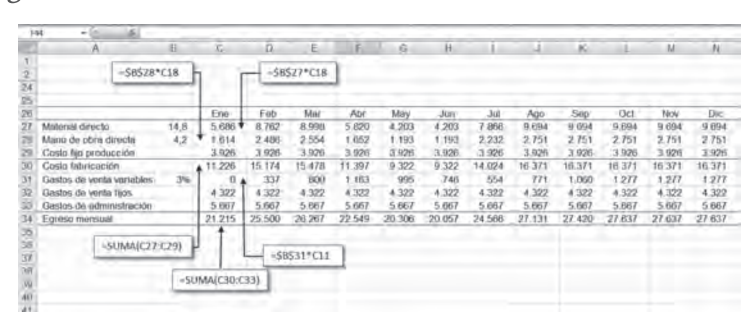
Conocida la producción esperada mensualmente, se calcularán el costo directo y el indirecto de producción y ventas. Para ello se supondrá que en materiales directos se gastan $14,8 por unidad y $4,2 en mano de obra directa. Los costos fijos de fabricación se estiman en $3.926 mensuales, los de administración, en $5.667, y los de venta, en $4.322. Además, se contempla el pago de una comisión a los vendedores equivalente

5 Obviamente, en un proceso de producción continua, el inventario final del mes se encuentra en distintos estados de avance, por lo que se calculan como "equivalentes o terminados". Cualquier texto de contabilidad de costos explica el procedimiento para calcularlo.

a 3% sobre los ingresos efectivos. Se supone que la materia prima se paga en el mes en que se adquiere, aunque lo usual es que si el mercado proveedor muestra que existen políticas de crédito para el abastecimiento, estas deban incluirse tal cual como se hizo con las ventas.

De acuerdo con esto, se puede proyectar el estado de egresos mensuales que muestra la Figura 6.3.

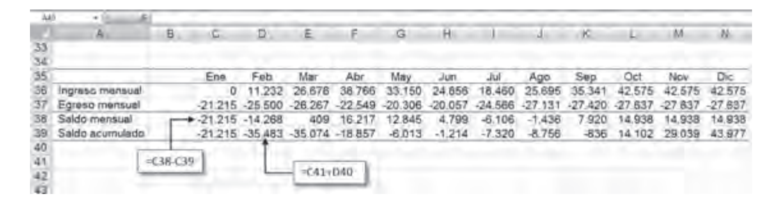
Figura 6.3
Proyección de egresos mensuales



		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Material directo	14,8	5.686	8.762	8.998	5.820	4.203	4.203	7.868	9.694	9.694	9.694	9.694	9.694
Mano de obra directa	4,2	1.614	2.486	2.554	1.652	1.193	1.193	2.232	2.751	2.751	2.751	2.751	2.751
Costo fijo producción		3.926	3.926	3.926	3.926	3.926	3.926	3.926	3.926	3.926	3.926	3.926	3.926
Costo fabricación		11.226	15.174	15.478	11.397	9.322	9.322	14.024	16.371	16.371	16.371	16.371	16.371
Gastos de venta variables	3%	0	337	800	1.163	995	746	554	771	1.060	1.277	1.277	1.277
Gastos de venta fijos		4.322	4.322	4.322	4.322	4.322	4.322	4.322	4.322	4.322	4.322	4.322	4.322
Gastos de administración		5.667	5.667	5.667	5.667	5.667	5.667	5.667	5.667	5.667	5.667	5.667	5.667
Egreso mensual		21.215	25.500	26.267	22.549	20.306	20.057	24.566	27.131	27.420	27.637	27.637	27.637

Con esta información, se calcula el saldo de caja mensual y acumulado. Como su nombre lo indica, se debe buscar el máximo déficit acumulado en el año y asumir que lo que se requiere es financiar dicho monto con capital de trabajo. La Figura 6.4 resume la información proyectada.

Figura 6.4
Cálculo de la inversión en capital de trabajo por método del déficit acumulado máximo



	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Ingreso mensual	0	11.232	26.678	38.766	33.150	24.856	18.460	25.695	35.341	42.575	42.575	42.575
Egreso mensual	-21.215	-25.500	-26.267	-22.549	-20.306	-20.057	-24.566	-27.131	-27.420	-27.637	-27.637	-27.637
Saldo mensual	-21.215	-14.268	409	16.217	12.845	4.799	-6.106	-1.436	7.920	14.938	14.938	14.938
Saldo acumulado	-21.215	-35.483	-35.074	-18.857	-6.013	-1.214	-7.320	-8.756	-836	14.102	29.039	43.977

Como se puede observar, el saldo mensual resulta de las diferencias entre todos los ingresos y egresos mensuales pronosticados. El saldo acumulado resulta de la suma de los saldos mensuales anteriores. En este ejemplo, la inversión en capital de trabajo corresponde a los $35.479 del segundo mes, por ser el mayor déficit acumulado. Con este monto se garantiza la disponibilidad de recursos que financian los egresos de operación no cubiertos por los ingresos.

Cuando el saldo acumulado es positivo, por ejemplo, en el undécimo mes, ello no significa que la empresa no requiera más capital de trabajo, sino que este se puede financiar con los recursos generados por el negocio. Los recursos gastados en

la adquisición de la materia prima que se compra en el undécimo mes empiezan a recuperarse con el mismo desfase observado entre las compras del primer mes y los ingresos, solo parciales, del segundo mes. Por lo tanto, la empresa siempre mantendrá recursos invertidos en el negocio, a los que deberá exigírseles una rentabilidad similar a la exigida al resto de las inversiones.

Si el nivel de operación proyectado aumenta durante el periodo de evaluación, se deberá programar un incremento proporcional en el capital de trabajo invertido, a menos que pueda haber claras y justificadas economías de escala (cuando el crecimiento en el nivel de actividad posibilita reducir el costo unitario, por ejemplo, por descuentos por mayores volúmenes de compras) o deseconomías de escala (cuando el crecimiento hace aumentar el costo unitario, por ejemplo, si debe abastecerse en localidades más lejanas por insuficiencia de la oferta local).

Si, por ejemplo, en la Figura 6.1 se incorpora el efecto de un incremento de 10% en la producción y en los costos, a partir del undécimo mes, el saldo mensual de caja sigue siendo positivo y el saldo acumulado aumenta más todavía, lo que puede interpretarse como que no se requiere más capital de trabajo. Sin embargo, la empresa deberá disponer de mayores recursos para enfrentar el crecimiento de los pagos que deben desembolsarse anticipadamente a la ocurrencia de los ingresos.

El saldo positivo muestra solo que el crecimiento en el capital de trabajo puede ser financiado con excedentes del propio flujo de caja del proyecto. Si se financia con estos excedentes, deberá exigirse a esta inversión un retorno que compense su no uso en otras oportunidades de inversión que tenga la empresa, de la misma manera que se les exige a los recursos que son aportados para el financiamiento de toda la inversión.

La diferencia entre la inversión en capital de trabajo y aquella que se realiza en activos fijos es que, mientras que estos últimos pueden perder o ganar valor con el paso del tiempo, la inversión en capital de trabajo se mantiene, en términos reales, durante todo el periodo de evaluación, y puede recuperarse con la finalización del proyecto.

Como se verá más adelante, este concepto es importante al evaluar el proyecto en un horizonte de tiempo menor que el de su vida útil, ya que se deberá valorar el remanente de la inversión al final de ese periodo de evaluación, por cuanto constituye parte de lo que la empresa poseerá por haber realizado las inversiones iniciales.

Cuando se evalúa un proyecto en una empresa en marcha, existe en la situación base o actual un capital de trabajo que podrá verse modificado por el proyecto. Si el proyecto involucra un crecimiento en la actividad (ampliación o internalización, por ejemplo), se deberá considerar una inversión incremental a la actual; si involucra un decrecimiento (abandono o, en algunos casos, *outsourcing*), se considerará una recuperación anticipada de ella. Existen tres criterios para calcular la inversión incremental pero que, aunque conducen a resultados iguales, entregan para la situación base y con proyecto información que puede conducir a una impresión equivocada de los recursos que efectivamente se deberán desembolsar si se hace el proyecto. Esto se aprecia en el ejemplo siguiente.

Ejemplo 6.6

Considérese una situación en la que, si una empresa tiene hoy un capital de trabajo de \$1.000 y evalúa un proyecto de ampliación que requiere agregar \$300 para financiar el mayor desfase entre egresos e ingresos, se puede incluir esta variación opcionalmente de las tres formas que se indican en la Tabla 6.1, aunque el último procedimiento parece, conceptualmente, poco adecuado.

Tabla 6.1 ***Efecto neto de los modelos de inclusión en capital de trabajo en los flujos de caja***

	Caso 1		Caso 2		Caso 3	
	I_0 (\$)	RI_n (\$)	I_0 (\$)	RI_n (\$)	I_0 (\$)	RI_n (\$)
Situación sin proyecto				\$1.000	–\$1.000	\$1.000
Situación con proyecto	–\$200	\$200	–\$200	\$1.200	–\$1.200	\$1.200
Variación	–\$200	\$200	–\$200	\$200	–\$200	\$200

Donde I_0 corresponde a la inversión en capital de trabajo que se debe hacer en el momento 0 del flujo de caja y RI_n corresponde a la recuperación de ese capital de trabajo en el momento n, que representa el final del periodo de evaluación.

Como se puede observar, la variación entre la inversión y el valor de desecho en los tres casos es exactamente igual.

En el primer caso de la Tabla 6.1, se ha supuesto en la situación sin proyecto que el capital de trabajo actual es irrelevante, ya que cualquiera que sea la decisión (hacer o no el proyecto), esa inversión está en la empresa y se recuperará al final del periodo de evaluación. Por ello, en la situación con proyecto se consideró, para mantener la coherencia del análisis, que se invierte y recupera solamente la diferencia agregada si se hace el proyecto.

En el segundo caso, se supuso que la inversión en la situación base es innecesaria porque ya está en la empresa, pero que se puede recuperar al final del periodo de evaluación. En la situación con proyecto, entonces, se incluye inicialmente lo que se debe agregar de inversión inicial y, con el mismo criterio, se incluye al final la recuperación total de la inversión.

El tercer caso, el menos recomendable por la información que muestra, supone que en la situación base se debe agregar la totalidad de la inversión (aunque ya está en el negocio) y que, por lo tanto, en la situación con proyecto se debe también agregar el total del capital de trabajo requerido. Lo mismo se considera respecto de su recuperación al final del periodo de evaluación.

En el caso de un proyecto de abandono u otro que signifique una reducción del nivel de actividad, la empresa podrá necesitar menos capital de trabajo que el que

tendría invertido si no hiciera ese proyecto, por lo que se debe considerar la posibilidad de recuperar anticipadamente parte de esa inversión.

Ejemplo 6.7

Si el proyecto permite reducir el capital de trabajo de $1.000 a $800, se deberán registrar incrementalmente $200 con signo positivo en el momento 0 (por constituir recursos liberados y disponibles para ser eventualmente retirados por el inversionista) y la misma cantidad, pero con signo negativo, al final del periodo de evaluación, ya que el proyecto hace disminuir la proyección de beneficios previstos para ese momento. Esto, por cuanto el proyecto no genera los $200, sino solo permite su recuperación anticipada. En el primer caso de la Tabla 6.2, esto se aprecia más fácilmente.

Tabla 6.2 ***Efecto neto de los modelos de inclusión de la desinversión en capital de trabajo en los flujos de caja***

	Caso 1		Caso 2		Caso 3	
	I_0 ($)	RI_n ($)	I_0 $)	RI_n ($)	I_0 ($)	RI_n ($)
Situación sin proyecto				$1.000	–$1.000	$1.000
Situación con proyecto	–$200	$200	–$200	$800	–$800	$800
Variación	–$200	$200	–$200	–$200	$200	–$200

En el segundo caso, se aprecia que en la situación sin proyecto la empresa mantendría en su presupuesto la posibilidad de recuperar la totalidad de lo invertido en capital de trabajo; sin embargo, como en la situación con proyecto recupera $200 en el momento 0, al final del periodo de evaluación puede recuperar solamente el saldo de la inversión, correspondiente a $800. Como se puede observar, la fila de variación muestra también el mismo efecto incremental ya analizado.

En el tercer caso se llega al mismo resultado, aunque, como se explicó anteriormente, la información que entrega no es correcta, ya que podría interpretarse como que se requerirían desembolsar $1.000 en la situación base, lo que no es efectivo, por estar ya esos recursos en la empresa.

Todos los egresos definidos en el calendario de egresos previos a la puesta en marcha se deben llevar a su equivalente a un momento del tiempo, el que se conoce como momento 0 y corresponde a la primera columna de datos del flujo de caja que se construirá para evaluar la rentabilidad de la inversión.

Para hacer esto, mediante las matemáticas financieras que se explican más adelante, los valores de cada periodo del calendario se capitalizan al momento 0 para expresarlos el equivalente a haber invertido un solo monto antes del inicio de la operación.

6.3 Costos relevantes

Uno de los conceptos más importantes para una correcta evaluación económica de proyectos que involucran cambiar una situación existente por otra nueva, como la sustitución de tecnología o la externalización de un servicio, por ejemplo, es el denominado costo relevante, término que se aplica indistintamente a los costos y a los beneficios, y que corresponde a los ítems que marcan una diferencia entre las opciones que se analizan.

En aquellos proyectos donde no se generan cambios con respecto a la situación existente, como los de reemplazo de algún activo, por ejemplo, será la diferencia en los costos de cada alternativa la que determinará cuál de ellas se debe seleccionar, por cuanto los ingresos, al no variar entre las opciones, constituyen un elemento irrelevante para la decisión.

Estos costos, denominados costos diferenciales, expresan el incremento o la disminución de los costos totales que implicaría la implementación de cada una de las alternativas en análisis, en términos comparativos respecto de lo observado en la situación vigente. Por esto, bastará con considerar los costos diferenciales para decidir respecto de un proyecto que involucre variación en los resultados económicos esperados.

Puesto que muchas de las partidas de costo no variarán al implementar alguna operación como alternativa de la existente, se podrán excluir del análisis para la toma de la decisión. Solo son relevantes aquellas partidas de costo que sean diferentes entre cada opción estudiada y una situación base de comparación.

Por ejemplo, si se evalúa hacer una producción extraordinaria para responder a una petición especial que implica alterar el programa de producción normal de una empresa, el costo diferencial generalmente corresponderá al costo variable de producción, puesto que los costos fijos, dentro de ciertos tramos, permanecerán constantes. Por costo fijo se entiende aquel que no cambia con las variaciones en el nivel de operación. Sin embargo, esta definición es válida solo para tramos de producción, ya que aumentos en la cantidad producida por sobre ciertos niveles solo serán posibles con el empleo de más recursos de carácter fijo (por ejemplo, más personal o más alquiler de depósitos). Si los costos fijos se vieran incrementados, el aumento ocasionado por este pedido sería parte del costo diferencial y, por lo tanto, debería considerarse como relevante para la decisión.

Ejemplo 6.8

Una empresa que produce partes electrónicas para la fabricación de televisores tiene una capacidad máxima de producción, con tres turnos diarios, de 24.000 partes al año. Basándose en el comportamiento histórico, las proyecciones de ventas para el próximo año son de 20.000 unidades, a un precio unitario promedio de $116.

En el proceso productivo se proyecta la siguiente estructura de costos.

Material directo:	$63
Mano de obra directa:	$27
Costo indirecto de fabricación:	$30

El 40% de los costos indirectos de fabricación se explica directamente por el nivel de producción y el otro 60% corresponde a una asignación de costos generales de fabricación como los seguros del edificio y la maquinaria, la energía o el mantenimiento.

Además, la empresa aplica un estándar para asignar unitariamente los gastos de administración y ventas, que corresponde a $20 por unidad. El 10% de este monto ($2) es por concepto de pagos de comisiones a los vendedores.

Suponga que la empresa recibe un pedido especial, por una sola vez, para adquirir 2.000 partes electrónicas. Para determinar el precio mínimo al que podrían venderse las unidades adicionales, se debe calcular el costo relevante involucrado en la mayor producción, de la siguiente forma.

- **Material directo:** como su nombre lo indica, son los insumos directamente empleados en la producción, por lo que se debe agregar $63 por cada unidad adicional que se fabrique.

- **Mano de obra directa:** de acuerdo con los antecedentes del problema, si la capacidad de producción anual es de 24.000 unidades, se deduce que cada turno de trabajo puede fabricar 8.000 unidades. Esto obliga a averiguar qué parte del costo de mano de obra se paga por un turno normal y cuál es el que se paga por un turno extraordinario. Si el sobrepago por hora es de 20% en segundos y terceros turnos, se puede concluir que 8.000 unidades se pagan a tarifa normal y 12.000 se pagan con 20% de recargo. Por lo tanto:

$$\left(\frac{8.000}{20.000} * x\right) + \left(\frac{12.000}{20.000} * 12x\right) = \$27$$

  El valor de *x*, el costo por unidad en horario normal, es de $24,1. Debido a que todo el pedido se hará en horario extraordinario, se debe considerar un costo de mano de obra directa unitaria de $28,9, que corresponde a $24,1 * 1,2.

- **Costo indirecto de fabricación:** considerando que 60% de este ítem se debe a una asignación de costos que no variarán con la producción extraordinaria, se debe tomar como costo relevante solo el 40% restante. Es decir, $12 por unidad.

Aun cuando los gastos de administración y ventas incluyen a las comisiones por venta como costo variable, en este caso no corresponde considerarlos dentro de los

costos relevantes, por cuanto, al no ser las ventas generadas por la acción directa de los vendedores, la empresa no incurrirá en el pago de la comisión.

De acuerdo con esto, el costo incremental que tendría que asumir la empresa si decide aceptar el pedido especial es de:

Material directo	$63,0
Mano de obra directa	$28,9
Costo indirecto de fabricación	$12,0
Total	$103,0

Cualquier precio que esté dispuesto a pagar el comprador por sobre este valor será atractivo para la empresa.

En algunos casos, se podrá agregar un costo por desgaste anticipado de la maquinaria, una rentabilidad mínima por el uso de los recursos de la empresa o gastos financieros, si el pedido especial requiere un capital de trabajo que será financiado por préstamos bancarios, por ejemplo.

En muchos casos, puede esperarse también que los costos fijos cambien. Por ejemplo, si el proyecto obliga a variar el número de supervisores, equipos, seguros, alquileres u otros, la variación de estos costos fijos será relevante, tanto si redunda en aumentos como en ahorros de costos.

Los costos diferenciales no deben confundirse con los costos variables, aunque pueden coincidir. Mientras que los costos variables están constituidos por todos aquellos que varían directamente con el volumen de producción, los costos diferenciales se refieren a aquellos que cambian entre las alternativas específicas en análisis, y pueden o no coincidir con los variables.

Como se aprecia claramente en el ejemplo anterior, los costos diferenciales no son necesariamente lo mismo que los costos variables, aunque pueden coincidir en algunos ítems como materias primas, mano de obra directa y costos indirectos de fabricación variable.

Los costos históricos, por otra parte, son inevitables, por haberse incurrido en ellos en el pasado. Por el hecho de haber sido devengados o convenidos en el pasado, estos costos son, independientemente de si fueron o no pagados, inevitables y, por lo tanto, son irrelevantes para la decisión, ya que cualquier decisión que se tome no hará variar su efecto como factor del costo total. Por ejemplo, el monto de la compra de un activo que se evalúa reemplazar dejó de ser evitable en el momento en que se adquirió, y cualquiera que sea la alternativa por la que se opte, la inversión ya realizada no será relevante, aunque sí posibles cambios tributarios que impliquen una decisión futura acerca de ella.

Aunque los costos históricos en sí mismos son irrelevantes en las decisiones –dado que por haber ya ocurrido no pueden recuperarse–, podrían tener un efecto indirecto relevante en la decisión de aceptación o de rechazo de un proyecto; por ejemplo, los ingresos que podría generar un activo comprado en el pasado si se destina a usos optativos, como su venta, alquiler u operación, o los beneficios tributarios de la depreciación de un activo comprado en el pasado.

El factor relevante siempre será qué hacer a futuro, y en ninguna evaluación se incorporarán como patrón o elemento de medida la inversión u otros gastos ya realizados.

Aunque es frecuente que los costos históricos se usen para proyectar los costos futuros, un análisis correcto de las opciones de inversión obliga a efectuar todos los ajustes que requiera la estructura de costos de la empresa para representar el impacto positivo o negativo que un proyecto tendrá sobre los resultados económicos de la organización.

La evaluación de proyectos de sustitución[6] de instalaciones ocasiona, en la consideración de costos relevantes, mayores dificultades que el estudio de otro tipo de proyectos en empresas en marcha, más por la disponibilidad de la información adecuada que por los procedimientos empleados. Como se mencionó anteriormente, la sustitución puede tener en cuenta tanto aumentos como mantenimiento o disminución de la capacidad productiva de la empresa.

Los reemplazos que no incrementan la capacidad productiva de la empresa pueden explicarse por el hecho de que existen activos que deben ser sustituidos por haber llegado a su punto de agotamiento, o, aun cuando puedan seguir funcionando, de que aparece una alternativa de igual capacidad pero con alguna ventaja económica.

También se puede dar el caso de un reemplazo por insuficiencia, como por ejemplo el de una computadora que no tiene la capacidad exigida para procesar el volumen de información requerido. Si bien este reemplazo aumenta la “capacidad” de la computadora, no incrementa la producción de bienes o servicios de la empresa, y, por lo tanto, no tiene impacto sobre sus ingresos normales, aunque sí lo podrá tener sobre el ítem de venta de activo.

En esta segunda posibilidad, se presentan dos opciones que alteran el procedimiento de cálculo:

1. Que los activos nuevos tengan una vida útil igual a la vida residual de los activos por reemplazar.

2. Que los activos nuevos tengan una duración mayor que la vida útil restante de los que estén en uso.

6 Corresponde a la evaluación de la conveniencia de reemplazar un activo existente por otro nuevo de igual, mayor o menor capacidad de producción.

Si bien el reemplazo de un activo por otro con igual vida útil podría parecer una alternativa poco práctica, constituye una situación real en muchas empresas, donde el cambio tecnológico afecta más notablemente a los costos de operación que a la vida útil del activo.

En este caso, el razonamiento para la evaluación consistirá en determinar si el ahorro en los gastos fijos y variables de operación originados por el reemplazo es suficiente, tanto para permitir recuperar la inversión adicional como para remunerar al inversionista por el capital invertido a una tasa de interés razonable para cubrir el costo de capital, en función del riesgo implícito en la decisión. Si se estimase que los costos fijos y los ingresos de operación permanecerán constantes, ambos elementos deberán ser excluidos del análisis, por las razones expuestas anteriormente. Sin embargo, si cambian los valores de desecho proyectados para ambas máquinas al final del horizonte de evaluación, esto se deberá incluir en la comparación que se haga de ellas.

Para determinar el beneficio relevante de la nueva inversión, se trabaja, comúnmente, con costos constantes de los factores de producción, puesto que los cambios en el precio de la materia prima o en la remuneración a la mano de obra directa afectarían por igual ambas alternativas, a menos que la nueva inversión esté asociada a un cambio tecnológico que posibilite recurrir a un tipo de materia prima más barata o a trabajadores de diferente calificación y, por lo tanto, de distinta remuneración.

Si la vida útil de un equipo nuevo es mayor que la vida útil restante del equipo existente, los valores de venta de este son relevantes para la decisión, tanto en el momento del reemplazo (cuando se analice la situación con proyecto de sustitución, ya que posibilita su venta anticipada) como al final de su vida útil restante (cuando se analice la situación sin proyecto de sustitución, ya que será un activo susceptible de vender al dejar de utilizarlo). Lo mismo sucederá con el valor de rescate del nuevo equipo al final del periodo de evaluación, ya que, como se mencionó en el Capítulo 5, se debe valorar el beneficio que representa la vida útil superior al periodo de evaluación[7].

El análisis de un proyecto de sustitución con ampliación de la capacidad productiva debe respaldarse con una estimación del mercado potencial que haga referencia específica a las variables precio y volumen de ventas, para proyectar los mayores ingresos relevantes del proyecto.

El aumento de la capacidad puede hacer variar los gastos variables unitarios (y, por lo tanto, hacerlos relevantes), dependiendo del efecto del aumento de la operación en el rendimiento técnico y del costo de los factores de producción. Si la sustitución mejora en rendimiento, los costos directos bajarán. Si hace aumentar proporcionalmente la producción sin incrementar el rendimiento, los costos variables unitarios permanecerán constantes. El incremento en volumen puede repercutir en el costo de producción, por ejemplo, al permitir aprovechar descuentos por volumen en la compra de materias primas o modificar la tasa

7 Este punto será analizado detalladamente en los capítulos siguientes, junto con otras opciones propuestas para solucionar problemas de diferentes vidas útiles.

horario de trabajo. Si el aumento de la capacidad fuese significativo, posiblemente la infraestructura física y administrativa crecería, incrementando los costos fijos de toda la empresa. En esta situación, los costos fijos sí son relevantes para tomar la decisión.

En los párrafos anteriores, se ha pretendido aclarar el concepto de costo relevante asociado en forma específica al tema de la toma de decisiones en proyectos de modernización, pero sin entrar a identificar aquellos costos que normalmente serán pertinentes. Una clase de costos que, errónea y comúnmente, se consideran en una decisión, a pesar de ser irrelevantes, son los llamados costos sepultados, que corresponden a una obligación de pago que se contrajo en el pasado, aun cuando parte de ella esté pendiente de pago a futuro. Si bien este tipo de costo constituye un pago futuro, tiene un carácter inevitable que lo hace irrelevante. La parte de la deuda contraída y no pagada es un compromiso por el cual se debe responder independientemente de las alternativas que se evalúen. La excepción a lo señalado la constituirá la posibilidad de alterar la modalidad de pago, siempre que ella no esté asociada con todas las alternativas a las que se enfrenta la decisión. En este caso, la relevancia se produce por la variabilidad que ocasionaría el valor del dinero en el tiempo.

Aunque los costos relevantes son generalmente los costos efectivos y no los contables, estos últimos son importantes para determinar un costo indirecto relevante para la toma de decisiones: los impuestos a las utilidades. Si el activo reemplazado se vende generando ya sea utilidades o pérdidas, se deberá considerar el efecto tributario que ocasione.

Para fines tributarios, la sola inversión en una máquina, por ejemplo, no genera aumento ni disminución de riqueza. Si en el estudio de un proyecto se considera que la adquisición de un equipo se financia con recursos propios, el aumento en los activos fijos se compensa con la reducción de los activos líquidos (caja) o, si se financia con préstamos, el aumento en los activos fijos se compensa con el aumento de algún pasivo, por lo que no hay variación en las utilidades de la empresa. Por lo tanto, no hay efectos tributarios directos. Sin embargo, cuando el activo es usado, empieza a perder valor, por el deterioro normal de ese uso y también por el paso del tiempo. Como es imposible que el fisco revise el grado de deterioro físico de cada activo de un país, se define una pérdida de valor promedio anual para activos similares que se denomina depreciación. La depreciación, por lo tanto, no constituye un egreso de caja (el egreso se produjo cuando se compró el activo), pero es posible restarlo de los ingresos para reducir la utilidad y, con ello, los impuestos.

El término "depreciación" se utiliza para referirse a la pérdida de valor contable de activos fijos. El mismo concepto referido a un activo intangible recibe el nombre, en varios países, de "amortización", aunque en otros se mantiene el término "depreciación" para referirse a ello. Un caso típico de este tipo de activo es la compra de una base de datos. Mientras que el DVD que lo contiene puede tener un costo muy bajo, su contenido intangible tiene un valor contable equivalente al pagado; sin embargo, a medida que pasa el tiempo, este activo puede perder valor, igual que un activo físico, si no se actualizan sus contenidos. Para fines contables, la pérdida de valor promedio anual se refleja restando una proporción

anual de las utilidades, mediante la cuenta de amortización del activo intangible. Así como hay activos fijos que no pierden valor (como los terrenos) y, por lo tanto, no se deprecian, hay activos intangibles (como la marca del negocio) que no pierden valor y no se amortizan.

Algunos costos relevantes, que generalmente no se consideran en la formulación de proyectos de mejora de una situación existente en una empresa en marcha, son los que se refieren a las tasas de cambio de los costos de producción: los mayores costos asociados a la curva de aprendizaje, los menores costos por el eventual uso de la garantía de los equipos nuevos, la variación en la tasa de costos de mantenimiento de los equipos y en los costos indirectos asociados a una reparación mayor, etcétera. A continuación, se analizan los principales aspectos económicos de cada uno de ellos en la evaluación de un proyecto.

6.4 Costos contables no desembolsables

Los costos contables no desembolsables que se consideran relevantes para la evaluación de un proyecto son los que tienen un efecto indirecto sobre el flujo de caja, al afectar el monto a pagar de impuestos a las utilidades. Al respecto, los costos contables que se deben tener en cuenta son tres: la depreciación de los activos fijos, la amortización de los activos intangibles y el valor libro de los activos que se venden.

Cuando se compra un activo, como ya se mencionó, la empresa no varía su nivel de riqueza y, por lo tanto, no hay un efecto sobre los impuestos a las utilidades. Pero, al transcurrir el tiempo, el activo va perdiendo valor y, en consecuencia, hace disminuir la riqueza de la empresa[8]. El fisco reconoce esta pérdida, a la que define como depreciación, y establece la posibilidad de descontarla de utilidades en varios periodos futuros, explicitando distintas formas para su cálculo.

Debido a que la depreciación en sí no constituye un desembolso de caja, lo único relevante para la evaluación del proyecto es el efecto tributario de la depreciación de los activos. Como se explicó en el Apartado 5.2 del Capítulo 5, el efecto tributario está dado solo por el porcentaje del impuesto vigente sobre el valor de la depreciación.

Aunque existen varias formas de calcular la depreciación, en la evaluación de proyectos a niveles de perfil y prefactibilidad se utiliza en general el procedimiento conservador de depreciar linealmente. Esto, por cuanto es difícil que se acepte un proyecto que no siendo rentable con este criterio pase a la calidad de rentable solo porque se deprecia aceleradamente. En ambos casos se deprecia el mismo monto, por lo que el ahorro tributario que se obtiene, en términos absolutos, es el mismo. Lo único que cambia es el valor actual del ahorro tributario, que es mayor con depreciación acelerada que con depreciación lineal porque permite obtener anticipadamente el ahorro tributario.

8 Obviamente, esta disminución de la riqueza está referida exclusivamente al valor del activo y no se relaciona con las eventuales utilidades que podrían obtenerse por el uso del activo.

A nivel de factibilidad, por otra parte, lo correcto es aplicar el método que resulte más conveniente para los intereses de la empresa, ya que será el que con toda seguridad se empleará cuando el proyecto sea implementado.

La depreciación lineal de cada activo se hará, como se explicó anteriormente para los estudios a niveles de perfil o prefactibilidad, dividiendo el valor total estimado en su adquisición por el número de años en que se deberá depreciar[9]. La cantidad de años a depreciar de cada activo varía entre los países. En Chile, el Servicio de Impuestos Internos entrega la tabla de depreciación lineal y acelerada (la que corresponde a hacerlo en la tercera parte del tiempo asignado a la depreciación lineal) para todo tipo de activos. A modo de ejemplo, se muestra el siguiente extracto.

Activo	Años a depreciar
Edificios, casas y otras construcciones de ladrillos u hormigón, con cadenas, pilares y de vigas hormigón armado.	50
Edificios fábricas de material sólido albañilería de ladrillo, de concreto armado y estructura metálica.	40
Construcciones de adobe o madera en general.	30
Construcciones provisorias, instalaciones eléctricas, de oficina, etcétera.	10
Camiones, camionetas, *jeeps*, automóviles, microbuses, furgones, motos, remolques y otros carros de arrastre.	7
Herramientas pesadas.	8
Herramientas livianas.	3
Gallos, gallinas y pavos reproductores.	3
Nogales, paltos, ciruelos, manzanos, almendros.	18
Olivos.	40
Canales de riego de concreto.	70
Canales de riego de madera.	25
Puente metálico.	45
Enseres, artículos de porcelana, loza, vidrio, cuchillería, mantelería, ropa de cama y similares, utilizados en hoteles, moteles y restaurantes.	3
Redes utilizadas en la pesca.	3
Pupitres, sillas, bancos, escritorios, pizarrones, laboratorios de química, gabinetes de física, equipos de gimnasia y atletismo, utilizados en establecimientos educacionales.	5

9 Es frecuente incorporar en la fórmula de cálculo un valor residual, que corresponde al valor esperado del activo al final del periodo de depreciación, el que representa aquella parte sobre la que no se pierde valor.

Una excepción a esto se observa cuando se evalúa la sustitución de un equipo comprado algunos años atrás por otro nuevo. Por ejemplo, si se conoce el valor de adquisición del equipo actual, que fue comprado en $1.000.000 hace tres años y se deprecia en un total de cinco años, es común calcular la depreciación anual como el cociente de 1.000.000 entre cinco años, es decir, $200.000.

El error de lo anterior se explica por el hecho de que todos los valores del flujo de caja deben estar en moneda actual y, al usar como base de cálculo el millón de pesos de tres años atrás, se estarían dejando fuera la normal revalorización de los activos por inflación de los años pasados y la posibilidad de que el activo haya recibido mejoras o reparaciones mayores que, al ser activadas contablemente, hayan variado el monto de la depreciación futura e, incluso, el periodo a depreciar.

Probablemente, para el evaluador del proyecto sea mucho más fácil averiguar el plan de depreciación futura de una máquina usada que intentar calcular el valor de un activo partiendo del valor de compra, restando las depreciaciones y sumando las revalorizaciones pasadas.

El mismo concepto de depreciación se aplica a los intangibles con el nombre de "amortización de los activos intangibles" y tiene igual efecto sobre el flujo de caja que la depreciación. Es decir, se resta para calcular la utilidad antes de impuestos y se suma con posterioridad al cálculo del impuesto para anular su efecto, por no constituir un egreso real de caja.

Por último, el valor libro de los activos corresponde al costo contable de cada activo en el momento en que se vende o, lo que es lo mismo, a lo que le falta por depreciar en ese momento. Cuando se enajena un activo, se debe calcular la utilidad en esa venta para determinar el efecto de los impuestos sobre eventuales utilidades o pérdidas. La utilidad contable en la venta de un activo se calcula por la diferencia entre el precio de venta y el único costo que el fisco acepta como referencia para su cálculo: lo que falta por depreciar al activo, o sea, su valor libro.

Si bien la empresa tiene siempre activos con saldo contable por depreciar, lo que interesa en la construcción del flujo de caja es solo el efecto tributario de la venta de los activos que se proyecta liquidar. Por este motivo, siempre que se venda un activo se deberá colocar solamente su valor libro como gasto no desembolsable y nunca incorporarlo cuando no se venda un activo.

Tanto la depreciación como la amortización y el valor libro de los activos que se venden deben restarse del flujo antes de impuestos para calcular la utilidad que tendrá el negocio, y se volverán a sumar con posterioridad al cálculo de impuesto correspondiente.

6.5 Costos de falla y políticas de mantenimiento

Las decisiones de inversión y gastos en tareas de mantenimiento de equipos están fuertemente vinculadas con las políticas para enfrentar las fallas que generalmente ocurren en los procesos de producción. Varias políticas se observan en las empresas acerca de cómo enfrentar el mantenimiento o la reparación de maquinarias, piezas y equipos; entre ellas, se destacan las cuatro siguientes:

1. Mantenimiento correctivo, basado en una reacción a la ocurrencia de la falla.
2. Mantenimiento preventivo, realizado a intervalos de tiempo predeterminados, para minimizar la ocurrencia de las fallas.
3. Mantenimiento de inspección, condicionado al resultado de observaciones a intervalos de tiempo predeterminados que pueden dar origen a mantenimiento preventivo.
4. Mantenimiento de oportunidad, en el cual se hacen tareas de mantenimiento a elementos complementarios a uno averiado, durante la realización de una acción de mantenimiento correctivo o preventivo.

El mantenimiento correctivo se realiza para recuperar la funcionalidad u operatividad de un equipo después de perder su capacidad para realizar la función que le correspondía, producto de una falla.

La principal ventaja de esta política es que maximiza el uso del activo durante toda su vida útil, evitando gastos permanentes en insumos, personal y maquinaria de mantenimiento.

Las desventajas de una acción correctiva se asocian con lo impredecible del momento en que ocurrirá la falla, lo que impide planificar el proceso de mantenimiento (podría ocurrir en un momento crítico para la empresa) o reaccionar eficientemente y, con un mínimo costo, evitar afectar la producción, acarrear daños a otros componentes del equipo y enfrentar el costo de sustitución o reparación de parte o todo el activo.

El mantenimiento preventivo se realiza generalmente a intervalos de tiempo predeterminados y fijos; y, como su nombre lo indica, busca prevenir la falla de un activo y sus consecuencias. Esta política se aplica cuando su costo total es inferior al costo total esperado para el mantenimiento correctivo.

Las ventajas del mantenimiento preventivo son básicamente que permite planificar el momento más conveniente para evitar detenciones costosas en el proceso productivo; evitar la ocurrencia de fallas, con todos los costos que ello implica, y reducir el tiempo de detención que se asocia a una acción correctiva. Las acciones preventivas no pretenden anular la probabilidad de falla, que siempre puede ocurrir, sino solo minimizarla.

Entre las principales desventajas del mantenimiento preventivo se pueden mencionar el costo de la sustitución prematura de partes y piezas; el costo directo de mantener el sistema preventivo en forma permanente, y el costo de la producción perdida por la paralización del proceso, aunque con menor impacto que el observado en el mantenimiento correctivo.

El mantenimiento de inspección consiste en revisar la condición del equipo con intervalos fijos de tiempo. Si la condición está bajo los estándares esperados, se procede a efectuar una acción preventiva. De esta forma, se reduce el costo del mantenimiento al optimizar el uso de los equipos, que solo se detienen cuando no se observan resultados satisfactorios en su desempeño.

Las principales ventajas del mantenimiento de inspección son que otorga un alto grado de confiabilidad al uso de los equipos, reduce el costo al incrementar la vida útil de los activos y aumenta su disponibilidad al reducir el número de inspecciones.

El mantenimiento de oportunidad, tal como se mencionó, corresponde al mantenimiento de prevención, y se realiza –aprovechando la oportunidad– a elementos conexos al que presenta una falla o que requieren un mantenimiento preventivo. En algunos casos, se realizarán las acciones de prevención, y en otros, se procederá a la sustitución de las partes y piezas. Esto último se puede justificar porque los elementos complementarios están cerca del cumplimiento de su vida útil o forman parte de un grupo integrado de piezas.

Cualquiera que sea la política de mantenimiento asociada al proyecto o a la empresa donde este se insertará, se deben considerar una serie de factores que determinan estándares de rendimiento que pueden ser variables en cada ocasión. Por ejemplo, las habilidades, la experiencia y las motivaciones del personal que cumple esas tareas, y las influencias del entorno funcional (característica, forma o ubicación de la pieza a mantener) y ambiental (temperatura, iluminación o época del año).

Las acciones de mantenimiento tienen múltiples objetivos, como por ejemplo la reducción del cambio de condición técnica, que permite alargar la vida útil de los activos; la disminución de la probabilidad de fallas o desperfectos; la reducción de costos o el aumento de eficacia; la recuperación de la funcionalidad del activo que presenta una falla; la disminución de mermas y materiales dañados; la mejor respuesta a clientes y la mayor capacidad de planificar la producción. Lo anterior se logra con tareas como la lubricación oportuna de las maquinarias, la limpieza, la inspección o la sustitución de partes y piezas, entre otras.

Los sistemas de mantenimiento industrial se pueden considerar como proyectos que es posible evaluar, porque generan beneficios y costos diferenciales y porque afectan de distinta forma la productividad de la empresa. Por ello, se debe medir la conveniencia de modificar los sistemas de mantenimiento vigentes –por ejemplo, el cambio de uno correctivo por uno preventivo–, con todas las implicancias económicas que puede tener una detención programada en una época de alta saturación productiva.

Todo lo anterior conlleva un conjunto de costos que la empresa debe asumir y que deben ser tomados en consideración al evaluar la conveniencia de las distintas opciones para fijar una política para enfrentar las fallas. Los costos más comunes se clasifican en fijos, variables, directos, indirectos e iniciales de mantenimiento.

El costo fijo corresponde a aquel costo que permanece constante aunque cambie el número de acciones de mantenimiento que se efectúen. Obviamente, ante cambios en el nivel de actividad, es posible que el costo fijo varíe, pero no proporcionalmente con la cantidad de la actividad. El costo variable depende directamente de la cantidad de acciones que se realicen y que se explican principalmente por el consumo de materiales como lubricantes y repuestos.

El costo directo es el que se asocia directamente con el activo que recibe la acción de mantenimiento, como por ejemplo un repuesto específico. El costo indirecto, por el contrario, es difícil de asignar a un equipo en particular o no se justifica económicamente hacerlo; por ejemplo, el tiempo dedicado a la inspección de cada máquina.

El costo inicial de mantenimiento corresponde a la inversión que se requiere realizar para cumplir adecuadamente con las acciones de mantenimiento –por ejemplo, maquinaria de mantenimiento y su instalación, herramientas o capacitación–, todas las cuales se caracterizan por no ser recurrentes.

Para calcular la conveniencia de una sustitución preventiva o correctiva, se debe considerar que el costo total del mantenimiento preventivo está influenciado por aquellas fallas que podrían producirse durante el intervalo de tiempo que media entre dos procesos de mantenimiento preventivo. Esto obliga a estimar probabilidades de falla en función de los plazos de sustitución o mantenimiento de los equipos.

6.6 Curva de aprendizaje

Cuando se evalúa un proyecto de modernización que involucra un cambio tecnológico importante, puede ser conveniente o necesario considerar la posibilidad de que el proyecto tenga que enfrentar los efectos negativos para el flujo de caja de lo que se denomina curva de aprendizaje.

Este término es el que se emplea para reconocer que, en una primera etapa, la productividad puede ser inferior a los estándares considerados como normales, por cuanto el personal contratado va adquiriendo muchas veces la experiencia necesaria en el manejo de la tecnología, durante la etapa de producción del primer periodo posterior a la puesta en marcha. Esta menor productividad no solo podrá determinar menores niveles de producción y ventas en los primeros periodos, sino también mayores costos unitarios de producción, explicados tanto por la mayor cantidad de material dañado debido a la falta de experiencia como por el menor aprovechamiento de las escalas de producción óptimas.

A medida que aumenta la producción, se observa que las empresas desarrollan y aplican mejores métodos de trabajo, incrementan la velocidad de producción, disminuyen el número de artículos rechazados, bajan la tasa de ocupación de la mano de obra y el uso de materiales, y, en general, se logra mejorar el uso de todos los recursos.

La curva de aprendizaje, conocida también como curva de la experiencia, es una técnica que posibilita incluir una tasa de crecimiento en la productividad (o de decrecimiento en los costos unitarios) basada en antecedentes específicos que se podrían observar tanto en la industria como en procesos productivos similares en la propia empresa.

Cuando se grafica, la curva de experiencia se caracteriza por tener la forma de una pendiente que desciende de manera progresiva y es marginalmente decreciente; cuando se calcula logarítmicamente, toma una forma lineal. La magnitud del efecto del aprendizaje se calcula como la proporción en la que los costos se reducen con sucesivas duplicaciones en los niveles de producción.

La curva de aprendizaje se basa en tres consideraciones básicas:

1. Que el tiempo que se ocupa en realizar una tarea o en elaborar una unidad de un producto será menor cada vez que se realice la tarea o se fabrique el producto.
2. Que la tasa de ahorro de tiempo por unidad producida será decreciente.
3. Que la reducción en el tiempo empleado en ejecución seguirá un patrón previsible.

El supuesto central del modelo es que, cada vez que se duplica la producción, se reduce en un porcentaje determinado el tiempo ocupado en ella. Si al doblarse la producción se reduce el tiempo de fabricación en 20%, por ejemplo, se dice que el proceso tiene una curva de aprendizaje de 80%.

Hay dos formas de medir la mejora en el desempeño de una tarea por efecto de la curva de aprendizaje: como la reducción en el tiempo destinado a la producción de cada unidad o como el aumento en número de unidades producidas en un mismo periodo; otra, derivada de ambas, es la que mide la reducción en el costo unitario de producción.

Aunque el procedimiento de cálculo es el mismo, existen dos interpretaciones distintas acerca de cómo considerar el tiempo que se deberá ocupar en la producción de cada unidad sucesiva. Uno de los modelos, el que conduce a un resultado más optimista, es el presentado por Horngren y Foster[10]; y el otro, más conservador, es el propuesto por Chase y Aquilano[11].

La forma de cálculo y la diferencia entre ambos criterios se exhiben en la Tabla 6.3.

10 Charles Horngren, George Foster y otros, *Contabilidad de costos: un enfoque gerencial*, México, Prentice Hall Hispanoamericana, 1990, págs. 404-408.

11 Richard Chase y Nicholas Aquilano, *Dirección y administración de la producción y de las operaciones*, Wilmington (Del.), Addison-Wesley, 1994, págs. 578-599.

Tabla 6.3 ***Cálculo del valor esperado de vida de cada componente***

		Horngren-Foster		Chase-Aquilano	
Unidades producidas	Horas de trabajo por unidad	Horas acumuladas	Horas última unidad	Horas acumuladas	Horas última unidad
1	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
2	80.000	160.000	60.000	180.000	80.000
4	64.000	256.000	48.000	308.000	64.000
8	51.200	409.600	38.400	512.000	51.200
16	40.960	655.360	30.720	840.480	40.960
32	32.768	1.048.576	24.576	1.364.768	32.768

En la primera columna, se anota el número de unidades. Si para la primera unidad se ocuparon 100.000 horas, cada vez que se duplica la producción se anota 80% del total de horas de trabajo por unidad anterior. Por ejemplo, para dos unidades se calcula 80% de 100.000; para cuatro unidades, 80% de 80.000, y así sucesivamente.

La diferencia en el cálculo de horas ocupadas entre las propuestas de Horngren-Foster y Chase-Aquilano, ambas incluidas en la Tabla 6.3, radica en que, mientras en una se supone que la curva de aprendizaje de 80% indica que el promedio de toda la producción acumulada se reduce en 20%, la otra considera que el ahorro de tiempo corresponde solo a la producción agregada. Como puede observarse, en el primer caso se considera que, al producir dos unidades, ambas reducen el tiempo promedio de producción a 80.000 horas, con lo cual, si la primera unidad demoró 100.000 horas en producirse, la segunda unidad demoraría 60.000 horas. En el segundo caso, se aplica la tasa de aprendizaje solo a la segunda unidad, por lo que se estima que el tiempo ocupado en la segunda unidad será de 80.000 horas.

Al calcular los costos de producción, el primer método es más optimista que el segundo. Si bien este último parece más adecuado a la estimación de costos unitarios propios de cualquier proyecto de ampliación, es la información usada en la estimación de la tasa de ahorro de costos la que determinará la validez de uno u otro de estos modelos.

Para un análisis logarítmico del modelo, se usa una ecuación de la forma:

$$Y_x = Kx^n \qquad (6.3)$$

Donde Y_x representa el número de horas de trabajo directo que se necesitan para producir la unidad x; K, el número de horas de trabajo directo para producir la primera unidad; x, el número de la unidad, y n, el log b / log 2, donde b es la tasa de aprendizaje.

Ejemplo 6.9

Si se desea calcular las horas de trabajo para producir la octava unidad, con los datos del ejemplo anterior se deberá reemplazar esta ecuación por los términos conocidos, con lo cual se obtiene:

$$y_8 = (100.000)\ (8)^n$$

De donde:

$$\begin{aligned} y_8 &= 100.000\ (8)^{\log 0{,}8/\log 2} \\ &= 100.000\ (8)^{-0{,}322} \\ &= 100.000\ /\ (8)^{0{,}322} \\ &= 100.000\ /\ 1{,}9535 \\ &= 51.190 \end{aligned}$$

De acuerdo con esto, se necesitarían 51.190 horas para fabricar la octava unidad.

6.7 Garantía sobre los equipos nuevos

El efecto contrario al de la curva de aprendizaje es el que se observa por el menor costo de operación en los primeros años de uso de una nueva tecnología. Generalmente, los proveedores otorgan una garantía sobre nuevos equipos, lo que origina que los costos, durante el primer año, se vean reducidos, porque la empresa puede evitar parte del gasto programado en repuestos y mantenimiento para una situación de operación normal.

Si bien ese beneficio puede, conceptualmente, ser relevante en la generalidad de la empresa, tiende a tener poca importancia al evaluarse un equipo en forma individual. Ello explica que habitualmente se omita, junto con los efectos del aprendizaje, bajo el supuesto de que los mayores costos iniciales por el aprendizaje se compensan con los menores costos de mantenimiento por la garantía de los equipos.

Si el cambio tecnológico pudiera tener un impacto significativo dentro de la estructura de costos, no podrá obviarse la inclusión de la curva de aprendizaje por su fuerte impacto sobre la productividad y los costos iniciales. Sin embargo, el menor costo de la garantía podrá no ser considerado si es incluido en la tasa de crecimiento de los costos de mantenimiento o si se plantea seguir un criterio conservador en la evaluación.

6.8 Tasa de crecimiento de los costos de mantenimiento

Los costos de mantenimiento de las máquinas tienden a ser considerados, en la evaluación de los proyectos, como un valor constante en el curso de los años. Sin embargo, este costo varía permanentemente, y puede ser muy significativo en proyectos de reemplazo donde la variable determinante de aceptación o de rechazo está basada en costos relevantes.

A medida que el tiempo transcurre y los equipos son más antiguos y tienen mayor cantidad de horas de uso acumuladas, estos empiezan a requerir cada vez más repuestos, más horas-hombre destinadas a su reparación y más insumos para efectuar el mantenimiento. Para una correcta evaluación de las opciones en estudio se deberá elaborar, con base en registros históricos de gastos en mantenimiento por tipo de activo, una tasa de crecimiento de este costo, la cual puede crecer, a su vez, a tasas marginales que aumentan a lo largo del tiempo.

Una forma de construir la función de crecimiento de los costos de mantenimiento es mediante la aplicación de los instrumentos que provee una planilla electrónica como Excel.

Ejemplo 6.10

Una empresa constructora de caminos posee una flota de motoniveladoras que, en promedio, tienen una vida útil de 14 años. Para determinar la tasa de crecimiento de los costos de mantenimiento, repuestos y reparaciones, se dispone de los siguientes promedios históricos gastados por cada motoniveladora expuestos en la Tabla 6.4.

Tabla 6.4 ***Serie histórica de gastos en mantenimiento, repuestos y reparaciones de las motoniveladoras por años de antigüedad***

Años de uso	Costo anual ($)
1	$360
2	$352
3	$361
4	$385
5	$404
6	$445
7	$426
8	$542
9	$668
10	$750
11	$785
12	$925
13	$1.082
14	$1.104

Para determinar la función de la tendencia de crecimiento del costo de mantenimiento por año de antigüedad de cada máquina, se puede calcular la ecuación exponencial de la serie de datos históricos, siguiendo los mismos pasos ya señalados para estimar la curva polinómica y lineal que se explicó en capítulos anteriores. El resultado de la función que se obtiene es:

$$y = 268{,}24e^{0{,}0987x}$$

Donde *y* es el costo del mantenimiento anual y *x* es la cantidad de años de uso[12].

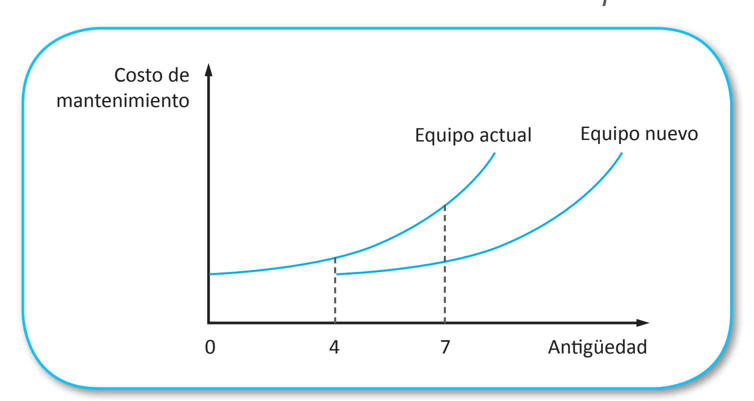
Con esta información, se puede calcular la variación año a año de los costos durante los 14 años de vida activa promedio esperada de las motoniveladoras[13].

Es muy posible que en un proyecto de reemplazo se tengan que comparar dos activos que exhiban la misma tasa de crecimiento de los costos de mantenimiento. Sin embargo, probablemente durante los primeros años de evaluación, el equipo nuevo tenga una tasa de crecimiento baja o cercana a 0, mientras que el equipo antiguo esté en un periodo donde la misma tasa de cambio ya está en niveles de alto crecimiento.

Esta situación se aprecia en el Gráfico 6.1, donde, por ejemplo, ambos activos muestran la misma tasa de crecimiento de los costos de mantenimiento, si se comparan con la misma antigüedad. Por ejemplo, el costo anual es idéntico para los primeros tres años de cada alternativa. Sin embargo, no solo se observa que el activo comprado primero tendrá, en cuatro años más, un costo de mantenimiento mayor que el de la máquina nueva, sino que crecerá a tasas diferentes, también mayores, ese año y los siguientes, respecto del equipo nuevo en igual periodo.

Gráfico 6.1

Comparación de tasas de crecimiento del costo de mantenimiento de máquinas similares



12 e = 2,71828

13 En el Capítulo 13, se hace una aplicación completa de esta ecuación.

6.9 Costos de una mejora o reparación mayor

Tampoco es frecuente considerar, en los proyectos de modernización, el efecto de una reparación mayor o mejora asociada con la continuidad de uso de un activo viejo que se compara con su eventual sustitución por uno nuevo. Esto se explica porque generalmente a la opción de continuar se la vincula solo con la inversión que se debe efectuar para hacer efectiva la mejora.

Los efectos sobre el flujo de caja de continuar con el equipo antiguo son, sin embargo, bastante más complejos que los vinculados solo con el costo de esa mejora. Por ejemplo, los costos indirectos del propio proceso de la reparación mayor conducen a dos efectos diferentes, tanto sobre los costos como sobre los ingresos de la empresa:

1. Si durante el periodo de detención del activo la empresa decide alquilar un equipo que lo sustituya, trabajar con turnos especiales o subcontratar con empresas externas el trabajo que dejó de hacer, para mantener el nivel de operación del negocio, los ingresos se mantienen en su nivel, pero cambia la estructura de costos en función de la opción que tome la empresa. Si elige la subcontratación por medios externos, probablemente bajen algunos costos directos internos y se asuman los cobrados por el proveedor externo. Si alquila una máquina, los costos tradicionales se mantienen y aumenta el costo del alquiler. Si trabaja en turnos especiales, también se mantienen los costos tradicionales, pero aumentan aquellos asociados a turnos especiales, como por ejemplo el pago de horas extras o segundos turnos al personal. En el caso de turnos especiales, se deberá considerar, además, el costo asociado al aumento de uso del resto de los activos, como por ejemplo los costos de su mantenimiento.
2. Si durante el periodo de la reparación la empresa decidiera no suplir la producción por otra vía, se vería reducido su nivel de actividad, por lo que deberá incluirse en los flujos el efecto del menor ingreso por la baja en las ventas y del menor costo directo por la reducción en la actividad: materiales, pagos por la mano de obra directa, etcétera.

6.10 Irrelevancia de algunos costos asignados

Los distintos sistemas de análisis contable de costos asignan o prorratean los costos indirectos en que se incurre, entre los productos o el centro de costos productivos de la empresa. La asignación de costos es una tarea inevitable en las organizaciones, que se ven obligadas a definir diversos criterios para distribuir, por ejemplo, el costo de las remuneraciones del personal de farmacia entre las distintas prestaciones médicas para costear una intervención quirúrgica; o el costo del seguro contra incendio del edificio donde funciona una universidad entre las actividades de docencia e investigación, o el costo de la administración general de una empresa entre los distintos productos que elabora. Esto, principalmente, para costear productos o evaluar el desempeño de las distintas divisiones que pudiera tener la empresa.

Los costos directos, aquellos que se asocian directamente con un producto, servicio o departamento, por definición no requieren un proceso de asignación, ya que se identifican claramente con el objetivo del costo: un envase con el producto o el sueldo de un consultor con una asesoría, por ejemplo. Los costos indirectos, por el contrario, no se identifican claramente con el objetivo del costo y deben ser asignados de acuerdo con alguno de los criterios que la teoría y la práctica ofrecen.

Cuando dos o más "usuarios" comparten un mismo costo, debe distribuirse el gasto asociado entre ambos, mediante la mejor estimación de cuál es la responsabilidad de cada parte en el costo total.

Es frecuente, en este sentido, utilizar criterios ampliamente estandarizados, como por ejemplo los metros cuadrados asignados a cada unidad para distribuir el costo de mantenimiento de un edificio y el número de empleados para distribuir el gasto del departamento de personal.

La asignación contable de costos determina que el costo de una unidad de la empresa incluya costos que son irrelevantes para la toma de decisiones, por tener un carácter inevitable.

En proyectos que evalúan el *outsourcing* de determinadas actividades de la empresa, muchos costos que fueron asignados no deben ser considerados en la evaluación. Por ejemplo, cuando se evalúa la externalización de un servicio de mantenimiento de maquinarias, probablemente en los costos contables vigentes se incluya el prorrateo del costo de los seguros del edificio y el seguro de los equipos de mantenimiento. Mientras que el primero generalmente será inevitable (ya que si el edificio sigue asegurado, aunque se externalice el servicio, el costo debe seguir siendo financiado por la empresa), el segundo es evitable por la eventual venta de los activos que dejarían de usarse y, en consecuencia, el seguro asociado a ellos no se justificaría.

La forma más simple para evitar caer en el error de trabajar con los costos contables en vez de trabajar con los costos efectivos es identificar todos los costos de la situación existente (sin proyecto) y compararlos con todos los costos de la situación con proyecto, sean o no relevantes, ya que los irrelevantes se anulan entre sí en cualquier comparación. Existen dos métodos para evaluar proyectos de modernización: uno que compara los flujos de la situación base respecto de la situación con proyecto, y otro que hace un análisis incremental. En el Capítulo 8, se trata este tema con profundidad.

Preguntas y problemas

6.1 ¿Cuál es la diferencia entre el efecto tributario de una inversión y el de un gasto de operación?

6.2 ¿Qué métodos existen para calcular la vida útil de un activo y en qué consiste cada uno de ellos?

6.3 ¿Qué es un calendario de inversiones previas a la puesta en marcha?

6.4 ¿Cuál es la diferencia entre un calendario de inversiones previas a la puesta en marcha y un calendario de egresos previos a la puesta en marcha?

6.5 ¿Cómo explicaría que un flujo de caja no considere la inversión en un activo pero sí su amortización contable?

6.6 ¿Qué es la inversión en capital de trabajo?

6.7 ¿En qué consiste el método contable para calcular el capital de trabajo?

6.8 ¿En qué consiste el método del periodo de desfase para calcular el capital de trabajo?

6.9 ¿En qué consiste el método del déficit acumulado máximo para calcular el capital de trabajo?

6.10 ¿En qué casos se podría considerar una desinversión en capital de trabajo?

6.11 Explique qué es un costo relevante.

6.12 ¿Qué son los costos diferenciales?

6.13 ¿Son todos los costos diferenciales iguales a los costos variables?

6.14 ¿Qué es un costo histórico?

6.15 ¿Qué es un costo sepultado?

6.16 ¿En qué se diferencian la depreciación y la vida útil real de un activo?

6.17 ¿Qué es el valor libro o contable de un activo?

6.18 ¿Qué es un mantenimiento correctivo y qué ventajas y desventajas tiene?

6.19 ¿De qué factores depende el costo total de una política de mantenimiento correctivo?

6.20 ¿Qué es un mantenimiento preventivo y qué ventajas y desventajas tiene?

6.21 ¿Qué es un mantenimiento de inspección?

6.22 ¿Qué es un mantenimiento de oportunidad?

6.23 ¿Qué es la curva de aprendizaje y en qué casos se utiliza en la formulación de un proyecto?

6.24 ¿En qué casos se incluye o se excluye la comisión de vendedores en el costo total anual para calcular la inversión en capital de trabajo?

6.25 Explique por qué las depreciaciones de activos fijos se deben considerar en la evaluación de un proyecto aunque no constituyen movimientos de caja.

6.26 En la evaluación de un proyecto de integración vertical de la producción, se contempla agregar los siguientes activos a la empresa. Con la información disponible, construya el calendario de inversiones de sustitución durante el horizonte de evaluación, que se definió en 10 años.

Ítem	Unidades	Precio unitario ($)	Vida útil (años)
A	6	$300	3
B	3	$500	5
C	1	$1.200	12
D	10	$250	10
E	2	$500	4
F	2	$1.000	4
G	6	$400	16
H	2	$200	2

6.27 Una empresa busca determinar el monto que debe invertir en capital de trabajo si amplía el número de locales de venta de sus productos. El promedio mensual observado en los otros locales indica que las ventas, los costos unitarios y el margen de ganancia unitario son los que aparecen en la siguiente tabla.

Producto	Ventas (unidades)	Costo unitario ($)	Margen unitario ($)
A	36.808	$10	$3,2
B	14.060	$12	$3,5
C	22.500	$8	$2,1
D	3.122	$63	$16,8
E	63.991	$7	$1,4
F	2.467	$45	$16,2

Las conclusiones del comportamiento en el capital de trabajo de los otros locales muestran que en la cuenta caja se mantiene un saldo promedio equivalente a tres días de ventas, que las cuentas por cobrar corresponden a 18 días de ventas y que los inventarios promedios mantenidos como *stock* son, para cada producto, los siguientes.

Producto	Inventarios
A	10 días de costo
B	14 días de costo
C	13 días de costo
D	4 días de costo
E	32 días de costo
F	7 días de costo

Las cuentas por pagar promedio equivalen a 20 días para los insumos de todos los productos, con excepción de *D* y *E*, que tienen solo 12 días. Con esta información, determine el monto a invertir en capital de trabajo, usando el método contable.

6.28 Calcule la inversión en capital de trabajo de una empresa que busca expandirse a dos nuevas ciudades, *A* y *B*, para vender su producto Atonin. Considere un precio de venta unitario de $58 y el siguiente estimado de ventas por ciudad (en unidades).

Ciudad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
A	60	63	82	104	26	26	104	104	104	104	104	104
B	21	27	43	51	14	13	51	51	51	51	51	51

El estudio del mercado y la experiencia de la empresa en las otras ciudades donde opera permiten aproximar, como mejor estimación, que 20% de los compradores pagará al contado y que el 80% restante lo hará de la siguiente forma.

- Contado: 20%.
- 30 días: 40%.
- 60 días: 40%.

La política de la empresa, que ha resultado exitosa en el resto de las ciudades, es mantener un inventario final de productos listos para la venta, equivalente a 40% de las ventas estimadas para el mes siguiente.

El costo de los materiales directos asciende a $12 por unidad. Los proveedores permiten pagar los insumos con 60% al contado y 40% a 30 días. La mano de obra directa se estima en $4 por unidad y los costos de fabricación indirectos se estiman en $3.204 anuales.

Además, se paga a los vendedores una comisión equivalente a 3% de los ingresos efectivamente recibidos por las ventas.

6.29 La compañía Grizzly S.A. produce cerraduras que vende a varias fábricas de puertas que son sus clientes tradicionales. La empresa inmobiliaria Zeus S.A. le solicita cotizar una orden especial de 1.600 cerraduras que requiere para la construcción de un conjunto habitacional en las afueras de la ciudad.

Grizzly S.A. opera actualmente a 70% de su capacidad instalada, que equivale a 1.900 cerraduras mensuales. La orden especial debe ser cubierta con cuatro entregas mensuales de 400 unidades cada una. Aun cuando el precio de venta normal es de $520, Zeus S.A. ofrece pagar solo $230 por cada cerradura, argumentando que ella asumiría los costos de transporte y que el fabricante se evitaría incurrir en los gastos de *marketing*. La estructura de costos de Grizzly S.A. es la siguiente.

- Materiales directos: $70.
- Mano de obra directa: $50.
- Costos indirectos variables: $90.
- Comisiones de venta: 6%.
- Costos indirectos fijos: $360.000.

Para determinar su precio, Grizzly considera un margen de utilidad de 20% sobre los costos totales. Se estima que atender el pedido especial obligará a aumentar los gastos fijos de la supervisión en $10.000 mensuales.

Con esta información, determine la conveniencia de aceptar la orden de trabajo especial y calcule el precio mínimo para aceptarla.

Capítulo

7

Cálculo de beneficios del proyecto

La rentabilidad que se estime para cualquier proyecto dependerá de la magnitud de los beneficios netos que la empresa obtenga a cambio de la inversión realizada en su implementación, sean estos obtenidos mediante la agregación de ingresos o la creación de valor a los activos de la empresa, o mediante la reducción de costos.

Como se mencionó en los capítulos anteriores, hay dos tipos de beneficios que, por la información que proveen para la toma de decisiones, deben ser considerados en la evaluación de una inversión e incorporados en la construcción de los flujos de caja de los proyectos: aquellos que constituyen ingresos y aquellos que no son movimientos de caja.

Aunque el concepto de flujo de caja se asocia con cuentas que constituirán movimientos de fondos, en la evaluación de proyectos se incluyen variables que no lo son, pero que forman parte de la riqueza o el valor agregado por el proyecto a la empresa; por ejemplo, el valor remanente de la inversión realizada.

El objetivo de este capítulo es exponer los principales componentes que se deben considerar como beneficios atribuibles al proyecto que se evalúa, su forma de estimación o cálculo, y los mecanismos y criterios para su correcta aplicación.

7.1 Ingresos, ahorro de costos y beneficios

En términos generales, se considera variables que impactan positivamente en el resultado de una inversión a los ingresos, las reducciones de costos y el aumento de eficiencia, y a los beneficios que no son ingresos, pero que incrementan la riqueza del inversionista o la empresa.

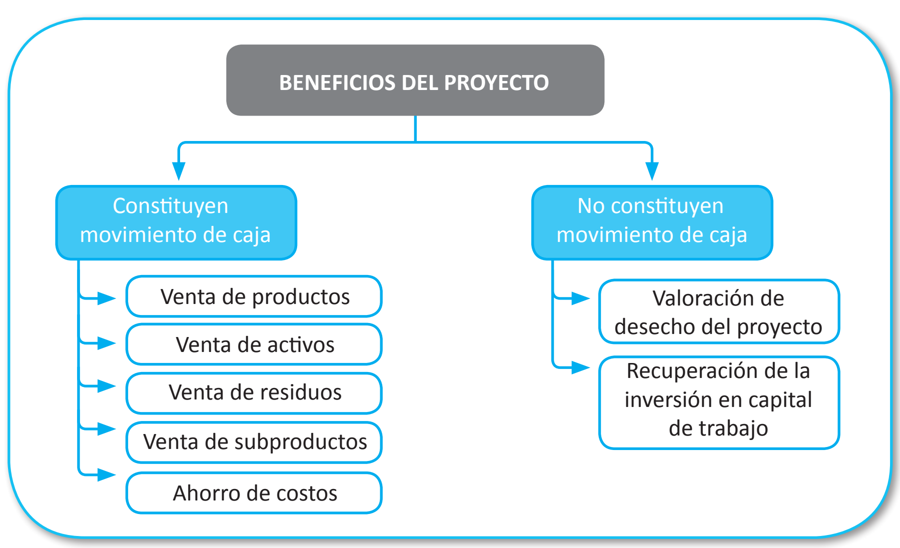
En el primer caso, se encuentran los ingresos por la venta del producto o servicio que generará adicionalmente el proyecto como resultado de una mejora o ampliación; los ingresos por la venta de activos, particularmente cuando el proyecto involucra el reemplazo de alguno de ellos o su liberación por efecto de algún *outsourcing*; los ingresos por la venta de material de desecho reutilizable o subproductos; y los ahorros de costo que se asocian con la realización del proyecto que se evalúa. Todos ellos constituyen beneficios que aumentan la liquidez de la empresa y, por lo tanto, se incluyen dentro del concepto de ingreso.

En el segundo caso, se consideran los beneficios que no constituyen ingresos de caja; por ejemplo, el valor de desecho del proyecto al final del periodo de evaluación y la recuperación de la inversión en capital de trabajo. La empresa, cuando hace una inversión, además de recibir el beneficio generado por la utilización de los activos comprados, tiene el beneficio de la propiedad de esos activos cualquiera que sea el momento en que se considere valorarlos.

El valor de desecho del proyecto representa el valor que se asigna, al final del periodo de evaluación, a los saldos de la inversión realizada. Si el proyecto se evalúa, por ejemplo, en un horizonte de 10 años, el inversionista debe visualizar que, además de recibir el flujo neto de caja anual, será también dueño del remanente de lo invertido en el negocio. Por esta razón, para determinar la conveniencia de emprender el proyecto, se deberá valorar el residuo de su inversión, ya sea cuantificando el valor de sus activos (contable o comercialmente) o calculando el valor equivalente esperado de su propia capacidad de seguir generando flujos de caja a futuro. La Figura 7.1 muestra una tipología general de los beneficios asociados con los proyectos de inversión.



Figura 7.1
Beneficios del proyecto



7.1.1 Ingresos por venta de productos o servicios

La mayoría de las inversiones que realiza la empresa se justifican por el incremento futuro de los beneficios monetarios. Si bien la teoría de la oferta y la demanda ha sido considerada como una de las más influyentes de la ciencia económica, desde el punto de vista de la administración, la maximización de los beneficios de la empresa busca quebrantar esa ley tan seguido como sea posible. Para escapar de la ley de oferta y demanda, las empresas intentan, mediante distintos proyectos, ganar las preferencias del consumidor por medio de una estrategia basada en la diferenciación del producto ofertado, para que sea percibido como deseable y, por lo tanto, se esté dispuesto a pagar por ello. Esto se logra, según Martín de Holan[1], mediante tres vías:

1. Ofertar un producto que le parezca al consumidor tan distinto de las otras opciones que no sea posible comparación alguna.
2. Ofertar un producto que, aunque sea percibido como similar, haga al consumidor estimar que posee características adicionales a las de la mejor opción.
3. Ofertar un producto percibido como similar, pero a un precio inferior.

En todos estos casos, los clientes podrían pagar por una diferencia que valorizan. Para alcanzar una ventaja competitiva, la empresa debe obtener primero –y mantener después– las preferencias del cliente, lo que logra mediante el aumento de la apreciación del valor del producto (o la disminución de la apreciación del costo) respecto del precio por parte del consumidor.

1 Martín de Holan, “Los encantadores del mercado”, *Percepción Gerencial*, vol. 2, núm. 4, INCAE, 1999.

Lo anterior se puede obtener tanto mediante la implementación de nuevos proyectos que permitan el aumento de productividad como por la diferenciación de productos que los consumidores están dispuestos a pagar. Lograr esto es uno de los objetivos que los nuevos proyectos buscan para proporcionar a una empresa la ventaja competitiva sustentable que debe perseguir como objetivo comercial, basada en la interpretación adecuada de las diferencias apreciadas por los consumidores.

Los ingresos del proyecto hacen aumentar las utilidades contables de la empresa y, en consecuencia, deben ir antes de impuestos en el flujo de caja. De igual forma, un proyecto de mejora que reduzca costos deberá considerar el aumento de las utilidades como una cantidad igual al costo neto ahorrado y, por lo tanto, deberá reflejar el mayor impuesto que ello ocasiona, tal como se explicó en el Capítulo 4.

Uno de los aspectos más complejos de un estudio de viabilidad económica es la proyección de los ingresos generados por la venta de productos o servicios derivados del proyecto, ya sea si se estudia una desinversión, como el abandono, donde lo relevante es la reducción del ingreso, o una ampliación, donde lo importante es su aumento.

De acuerdo con lo analizado en el Capítulo 2, las relaciones entre las curvas de oferta y demanda de un producto determinan el equilibrio parcial del mercado y, por lo tanto, el precio de mercado.

Ejemplo 7.1

Una empresa constructora está evaluando edificar un conjunto habitacional en una comuna que muestra un fuerte crecimiento y desarrollo, y provee los datos que muestra la Tabla 7.1 respecto de la información que registra permanentemente sobre los metros cuadrados ofrecidos y demandados en los últimos años, y los precios promedios observados en el mercado.

Tabla 7.1 ***Promedio histórico de metros cuadrados de vivienda ofertados y demandados en función de su precio***

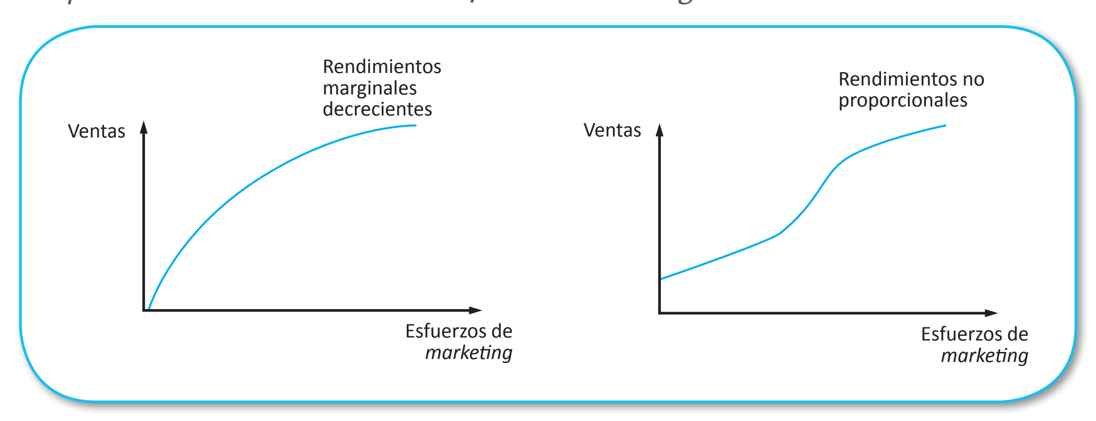
Precio por m^2 ($)	Demanda anual (m^2)	Oferta anual (m^2)	Variación (m^2)
$100	13.000	46.000	33.000
$90	16.000	42.000	26.000
$80	23.000	38.000	15.000
$72	29.000	35.000	6.000
$64	33.000	33.000	0
$56	42.000	28.000	–14.000
$48	50.000	21.000	–29.000

Como se puede observar, mientras más alto ha sido el precio de venta, menor fue la demanda. Con un precio de $64, la cantidad ofrecida iguala a la cantidad demandada en lo que se conoce como precio de equilibrio.

Un precio superior haría que algunos consumidores potenciales abandonen su intencionalidad de comprar, generando un incentivo para la incorporación de otras constructoras al mercado, las cuales optan por ofertar un precio inferior.

Si bien entre el precio y la demanda existe una relación generalmente inversa, hay otros factores que se relacionan positivamente con la demanda, como el gasto en los esfuerzos de *marketing*. La respuesta del mercado a ese esfuerzo puede ser de rendimientos marginales decrecientes o, como se explicó en el Capítulo 2, de rendimientos no proporcionales, tal como se ilustra en el Gráfico 7.1.

Gráfico 7.1
Comportamiento de la demanda ante un esfuerzo de marketing



Probablemente, en el caso de la construcción del Ejemplo 7.1, la proyección de ventas estará asociada no solo con el precio y con los esfuerzos de venta que pueda realizar, sino también con el nivel de ingresos del grupo familiar potencialmente comprador y con la facilidad para acceder a créditos para la adquisición de viviendas en el mercado financiero.

Por estos y otros factores, la estructura que puede asumir un flujo de ingresos por venta varía significativamente entre proyectos. Cuando la inversión de la empresa se hace para responder a una demanda insatisfecha, medida en el pasado, probablemente es más fácil estimar los ingresos futuros. Cuando no existen datos, se puede recurrir a la tendencia de demanda por terceros factores que la afectan, como por ejemplo la tendencia en las ventas de pintura si la idea es producir pigmentos.

Al fijar el precio, que determinará el volumen de demanda y, en consecuencia, el ingreso futuro, se deberá responder previamente a una serie de interrogantes, entre las que se pueden mencionar la preferencia de obtener un incremento en los beneficios en

el corto plazo a cambio de atraer demanda o generar mayores niveles de consumo; la definición de un producto para el largo plazo donde debe incorporarse un precio que cubra los costos totales, incluyendo los asignados; o si se definirá un precio que cubra los costos marginales ocasionados por el nuevo proyecto. En definitiva, se deberá definir un precio que maximice la diferencia entre ingresos y costos totales o donde, de la misma forma como ya se expresó, el ingreso marginal sea igual al costo marginal. Sobre este nivel todavía podrán obtenerse beneficios, aunque menores. Una opción así se elegirá cuando se desee crear barreras a la incorporación de nuevos competidores mientras se consolida el nuevo proyecto.

Cuando la demanda esperada para el bien que ofrecerá la empresa es confiable, se puede recurrir al análisis de equilibrio para determinar el precio mínimo al que tendría que venderse el producto para que el proyecto sea aprobado. Para esto, se expresa el precio como una función (*f*) de las siguientes variables:

$$P = f(q, cv, cf, t, i, I, VD) \quad (7.1)$$

Donde *P* es el precio; *q*, la cantidad estimada a producir y vender; *cv*, el costo variable de producción y ventas; *cf*, el costo fijo de producción, ventas y administración; *t*, la tasa de impuesto a las utilidades; *i*, la rentabilidad exigida a la inversión; *I*, el monto total invertido, y *VD*, el valor remanente de la inversión.

En otras palabras, la tarifa que se fije debe ser capaz de cubrir todos los costos variables implícitos en la mayor producción, los costos fijos incrementales atribuibles al proyecto agregado, el impuesto por las mayores utilidades que la ampliación generaría, una rentabilidad acorde al riesgo y al costo de oportunidad del inversionista, y la recuperación de la pérdida de valor de la inversión por la utilización de los activos adquiridos con ella. Un análisis detallado de esta materia se realiza en el Capítulo 9.

Por otra parte, recurriendo a las ecuaciones que se derivan del análisis del comportamiento del mercado, expuestas en el Capítulo 3, es posible determinar la relación de precios y cantidad que maximiza los beneficios de la empresa.

Ejemplo 7.2

El estudio de los antecedentes históricos de una empresa permite estimar que por cada peso que aumenta el precio de un producto, las ventas se reducen en 200 unidades; que por cada peso que aumenta el ingreso de la población, las ventas se incrementan en ocho unidades; que por cada habitante que se agrega a la población, el incremento es de 3%; y que por cada peso gastado en actividades de *marketing* y publicidad, el aumento es de 2%.

Si el ingreso per cápita es de \$2.600, si el mercado objetivo está compuesto por una población de 2.000.000 de habitantes y si los gastos en *marketing* y publicidad ascienden a \$48.000, se puede deducir que:

$$Q_D = -200p + 8I + 0{,}03\ P_B + 0{,}02P_U$$
$$Q_D = -200p + 8(2.600) + 0{,}03(2.000.000) + 0{,}02(48.000)$$
$$Q_D = -200p + 81.760$$

Donde Q_D es cantidad demandada; p, el precio del producto; I, el ingreso per cápita; P_B, la población objetivo, y P_U, el gasto en publicidad.

Si, por otra parte, la empresa enfrenta costos fijos de fabricación, administración y ventas promedios de \$300.000, y si el costo variable de producción es de \$4,2, se deduce que el costo total es:

$$C_T = 300.000 + 4{,}2Q$$

Donde C_T es el costo total y Q es la cantidad a producir y vender.

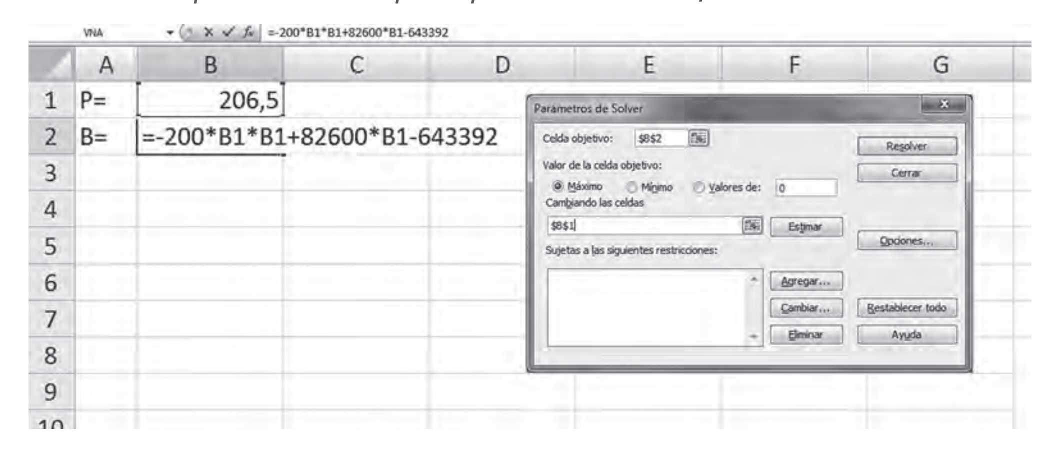
La maximización del beneficio (B) se obtiene cuando la diferencia entre ingreso total (IT) y costo total (CT) se hace máxima. Es decir:

$$B = IT - CT$$
$$B = pQ - cvQ - CF$$
$$B = p(-200p + 81.760) - 4{,}2(-200p + 81.760) - 300.000$$
$$B = -200\ p^2 + 81.760p + 840p - 343.392 - 300.000$$
$$B = -200\ p^2 + 82.600p - 643.392$$

Derivando la función o utilizando la función **Solver**, se obtiene un precio óptimo de \$206.

Para calcular el precio óptimo empleando una planilla electrónica, se anota en la celda B1 el valor 0 y en la celda B2 la fórmula, haciendo P=\$B\$1. Ejecutando el mandato **Solver**, se anota en **Celda objetivo** \$B\$2; en **Valor de la celda objetivo** se elige la opción **Máximo** y en **Cambiando las celdas** se anota \$B\$1. Al pulsar **Resolver**, se muestra que el precio óptimo es de \$206.

Figura 7.2
Planilla de cálculo para determinar el precio que maximiza los beneficios



7.1.2 Ingresos por venta de activos

Para mantener la consistencia del estudio de la viabilidad económica de una inversión, se deberá considerar el uso alternativo del activo que se libera como resultado de un reemplazo pronosticado e incluido en los requerimientos de activos sustituibles durante el horizonte de evaluación. De igual forma que esta información permitió elaborar el calendario de inversiones de reposición de activos durante el horizonte de evaluación expuesto en la Tabla 4.2 del Capítulo 4, es posible construir un calendario de ingresos por venta de activos con esa misma información. Así, por ejemplo, la Tabla 7.2 resume esta situación.

Tabla 7.2 *Calendario de ingresos por venta de activos*

Ítem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tractor TL80								$3.000		
Pulverizador				$100				$100		
Arado de vertedera										$500
Motobomba						$200				
Carro esparcidor								$1.000		
Carro remolque								$600		
Total				$100		$200		$4.700		$500

Frecuentemente, el equipo liberado puede ser vendido generando un ingreso real que se debe incluir en el flujo de caja del proyecto. Sin embargo, este ingreso podrá afectar a las actuales utilidades o pérdidas del negocio con el consiguiente efecto

tributario. Si el activo liberado se vende con utilidades, el ingreso neto corresponderá al precio neto menos el impuesto. Si el precio de venta es de $100 y el valor libro, o costo contable, es de $60, se deberá desembolsar el impuesto correspondiente a la utilidad. Si la tasa de impuesto es de 15%, el efecto neto de la venta del activo es de $94 ($100 de ingresos menos 15% de la utilidad de $40). Si el ingreso neto se calcula de esta forma, el resultado se incluirá en el flujo de caja después de impuestos.

Otra forma de calcular el ingreso neto es anotando el valor de la venta como ingreso antes de impuestos e incorporando, como costo antes de impuestos, el valor libro que se estime tendrá en el momento de ser sustituido. Sin embargo, esto obliga a anular el efecto de restar un costo contable no desembolsable, mediante la suma del valor libro después de impuestos. Esto es:

$$(PV - VL)(1 - t) + VL \qquad (7.2)$$

Donde PV es el precio de venta; VL, el valor libro o costo contable del activo, y t, la tasa de impuesto.

Aplicando la ecuación a los datos anteriores, se obtiene:

$$(100 - 60)(0{,}85) + 60 = 94$$

Un caso especial sucede con algunas ventas de activos. Es frecuente observar que algunas empresas deciden no vender el equipo que se desea reemplazar, para poder utilizar sus partes y piezas como repuestos en otros equipos, dado el bajo precio comercial relativo del activo en el mercado, en comparación con el uso alternativo. El hecho de no vender la máquina y utilizarla en cualquier otra opción se puede interpretar como que el valor de los repuestos ahorrados es, al menos, igual al precio que el mercado está dispuesto a pagar por ella.

Es decir, para fines de una evaluación, se podrá suponer que el beneficio atribuible al uso alternativo del equipo es al menos igual a lo dejado de percibir por decidir no venderlo. Esto, básicamente, por la dificultad que existe para calcular el ahorro en la compra de repuestos. Sin embargo, si se pudiera determinar el beneficio que reportaría disponer de ese activo, deberá utilizarse ese valor.

Ejemplo 7.3

En un proyecto donde se evalúa externalizar el servicio de mantenimiento de las máquinas, podría dejar de usarse un galpón que puede ser vendido en $20.000. Pero si la empresa decide no venderlo porque su liberación le permitiría ahorrarse la construcción de una bodega cuya inversión alcanzaría los $22.000, el valor que se debe incluir como beneficio en el proyecto de *outsourcing* es de $22.000.

Como ya se explicó, el valor del activo equivale a los recursos netos obtenidos por su posible venta, es decir, después de incorporar el efecto tributario.

Aun si la decisión de no venderlo se toma en función de una variable no económica, como por ejemplo una emocional, se deberá incluir este beneficio, por cuanto el proyecto libera un activo que tiene un valor alternativo.

La única excepción la constituye la existencia de una razón estratégica para no vender un activo, por ejemplo, si se trata de una máquina con tecnología desarrollada internamente y no es conveniente traspasar a terceros el conocimiento adquirido.

Sobre este aspecto, es frecuente encontrar un grave error conceptual en proyectos incrementales: considerar que los activos que se venden, al ser liberados por la aceptación del proyecto, constituyen un beneficio asignable al proyecto que se evalúa, en circunstancias en que esos activos son de la empresa y no son generados por la inversión. Por ejemplo, si en un proyecto se evalúa la conveniencia de hacer un *outsourcing* que libera activos, en el momento 0 se deberá incluir la posibilidad de generar un ingreso por su venta. Sin embargo, por otra parte, también deberá considerarse la pérdida de la propiedad que la empresa tenía sobre ese activo y que por la aprobación del proyecto se venderá. La forma de hacer esto es incorporar, con signo positivo, el ingreso por la venta del activo en el momento 0, y con signo negativo, el menor valor de desecho que la empresa deberá tener al final del periodo de evaluación por aceptar el proyecto.

Visto de otra forma, si un proyecto se evalúa en un horizonte de 10 años, en la situación con proyecto, la empresa tendría en el momento 0 el ingreso de la venta, pero en la situación sin proyecto tendría, en el momento 10, un valor de desecho por mantener la propiedad de ese activo. Por tal motivo, en un análisis incremental debe incluirse el cambio en la situación esperada si se hace el proyecto, respecto de si no se hace. Es decir, se recibe un ingreso hoy por su venta y se deja de tener un valor de desecho al final del periodo de evaluación.

7.1.3 Ahorro de costos

Gran parte de los proyectos que se evalúan en empresas en marcha no modifican los ingresos operacionales de la empresa y, por lo tanto, pueden ser evaluados por comparación de sus costos. Es el caso de los camiones de reparto, de la opción de comprar las oficinas que actualmente se alquilan o de contratar el servicio de aseo externo mediante un *outsourcing* que sustituya la operación interna.

En estos casos, no se requiere conocer el nivel de ventas ni los ingresos operacionales, por cuanto son irrelevantes para la decisión de elegir entre las alternativas. La inversión inicial se justificará, en consecuencia, por los ahorros de costos que ella permita a futuro, además del impacto sobre los beneficios netos de la venta de activos y valores de desecho.

Para ser consecuentes con lo señalado anteriormente, se deberá incorporar el efecto tributario negativo que producirá cualquier mejora que determine algún ahorro en sus costos, por cuanto al reducirse los gastos suben la utilidad y el impuesto a pagar.

Al igual que en muchos otros aspectos de la evaluación de proyectos, es posible definir opciones con respecto al comportamiento de determinadas variables influyentes en la rentabilidad que se obtenga con la implementación del proyecto.

En este sentido, la empresa puede enfrentarse a decisiones como comprar o alquilar las oficinas, donde una inversión en la adquisición de un inmueble puede generar ahorros de costos que no compensen la inversión realizada, aun considerando su valor remanente; la opción de un mejoramiento continuo *versus* una reingeniería, o el cambio de parte de la tecnología, entre muchas otras. Todos estos casos pueden no impactar sobre el nivel de ingresos de la empresa, pero sí sobre sus beneficios si logra una reducción en sus egresos netos, esto es, en el valor de la suma de costos e inversiones, corregidos por el cambio en el valor remanente.

Por ejemplo, tanto si compra como si alquila las oficinas, la empresa va a seguir vendiendo lo mismo. Entonces, se comparará el egreso uniforme del alquiler durante el periodo de evaluación contra un egreso inicial fuerte seguido de menores desembolsos anuales durante ese periodo y un saldo final favorable equivalente al valor de desecho de las oficinas. Además, se deberá considerar una serie de otros factores, como por ejemplo que la incertidumbre del éxito futuro de un proyecto de expansión del negocio a otra ciudad pudiera hacer más recomendable optar por alquilar, aunque sea económicamente menos atractivo que comprar, para esperar la confirmación de la consolidación del proyecto. En algunos casos, la opción de alquilar se tomará como resguardo de las posibilidades de obsolescencia de un activo, por la fuerte movilidad geográfica de los mercados o por no disponer de los recursos ni de las fuentes de financiamiento suficiente para adquirir el bien.

En relación con el mejoramiento continuo en vez de la reingeniería, es importante señalar algunas variables que diferencian los costos de ambas alternativas. La reingeniería enfrenta un problema de alta inversión concentrada generalmente en un área que se estima como prioritaria para efectuar una mejora mayor, por lo que se asocia más a los síntomas del problema. El mejoramiento continuo, por otra parte, ataca la causa del problema estudiando y evaluando anticipadamente las acciones tendientes al mantenimiento de los resultados dentro de los estándares prefijados.

El caso de un cambio de tecnología puede o no tener impacto sobre los ingresos, dependiendo de si el activo sustituto aumenta o no la productividad y de si existe la posibilidad de vender la producción agregada. Hay casos, como el cambio de la tecnología que se usa para generar energía, donde no se alteran los niveles de producción y ventas, lo que constituye un típico ejemplo de ingresos irrelevantes para la evaluación.

En muchos casos, elegir la opción no requiere un esfuerzo mayor, por la baja cantidad de factores relevantes para la decisión. El modelo más completo se aproxima a la solución dada al problema de definición de la política de mantenimiento explicada en el Apartado 6.5 del Capítulo 6.

Ejemplo 7.4

Una empresa se encuentra trabajando a plena capacidad en un turno de trabajo, con 40.000 horas anuales fabricando espejos retrovisores para automóviles. El desarrollo de la industria automotriz en los últimos años hace pensar en la conveniencia de ampliar los niveles de fabricación aprovechando los dos turnos ociosos. Para esto, se puede optar por contratar un segundo turno o pagar horas extras. Se sabe que si la demanda aumenta fuertemente, la primera alternativa es mejor. Sin embargo, la aparición de nuevos competidores hace dudar de la conveniencia de asumir el compromiso que conllevan la contratación de personal y su posterior reducción.

Suponga que el costo de los materiales directos es de $80, que los costos fijos de fabricación ascienden a $640.000 y que los de administración y ventas llegan a $120.000, ambos anuales. El costo de la mano de obra promedio (directa) asciende a $24 por hora y hay un recargo de 50% por hora extra.

Un segundo turno incrementaría los costos fijos de fabricación, por la contratación de un supervisor, en $160.000 anuales. Los gastos generales y de administración se verían incrementados en $140.000, por la necesidad de contratar un vigilante y un encargado para el depósito. Además, la remuneración horaria sube a $29.

Para calcular sobre qué nivel de producción convendría contratar un segundo turno, se debe, primero, determinar qué factores son relevantes entre ambas alternativas. En este caso, dado que la producción es la misma en cada punto de comparación, se excluyen los costos de los materiales directos y los fijos actuales de fabricación, administración y ventas.

Si se opta por un segundo turno, el costo relevante sería de:

$$
\begin{aligned}
CR_{st} &= \$29/h + 160.000 + 140.000 \\
&= \$29/h + 300.000
\end{aligned}
$$

Donde CR_{st} es el costo relevante del segundo turno.

Por otra parte, el costo relevante de la hora extra corresponde a $36 al agregar el recargo de 50%.

En consecuencia, el número de horas que hace indiferentes a ambas alternativas se determina por:

$$\$36/h = \$29/h + \$300.000$$
$$\$7/h = \$300.000$$
$$h = 42.857$$

Es decir, si la demanda aumenta por sobre el equivalente a 42.857 horas, convendrá contratar el segundo turno. Si se estima una relación directa entre horas de trabajo y producción, se podría concluir que esta opción pasa a ser mejor con un incremento de 7% o más en la demanda.

7.2 Cálculo de valores de desecho

Un beneficio que no constituye ingreso pero que debe estar incluido en el flujo de caja de cualquier proyecto es el valor de desecho de los activos remanentes al final del periodo de evaluación.

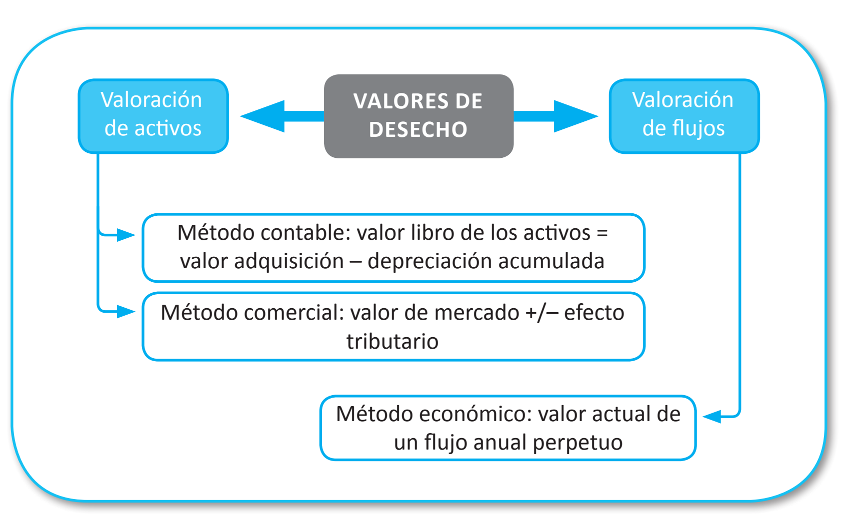
Si se decide evaluar un proyecto en un horizonte de tiempo de 10 años, ello no significa que la empresa tendrá una duración de igual cantidad de años. Generalmente, los proyectos se evalúan en un horizonte de tiempo distinto de la vida útil real o estimada, y el valor de desecho es lo que representa el valor que tendría el negocio en ese momento. Por ejemplo, cuando se mide la rentabilidad de un proyecto forestal, en un horizonte de 10 años, probablemente no habrá ningún ingreso relevante en ese lapso, por cuanto los árboles se encuentran todavía en etapa de crecimiento. Sin embargo, el proyecto puede ser evaluado en ese horizonte, suponiendo un beneficio (que no constituye ingreso) dado por una estimación del valor, que se conoce como valor de desecho, que se dé a una inversión forestal con 10 años de crecimiento. Por lo tanto, para reflejar los beneficios que el inversionista podrá seguir recibiendo a futuro, deberá asignársele un valor a la propiedad que habrá en ese momento.

La teoría ofrece tres formas para determinar el valor de desecho. Dos de esos métodos calculan el valor de los activos al final del horizonte de evaluación: uno, determinando el valor contable o valor libro de cada uno de ellos; y el otro, definiendo su valor comercial neto del efecto impositivo derivado de cualquier utilidad o pérdida contable que generaría una eventual venta. Cabe señalar que si un proyecto se evalúa a 10 años y uno de los activos se reemplaza cada cuatro años, deberá estimarse su valor contable o su valor comercial para dentro de 10 años, pero con solo dos de uso (se reemplazó al final del cuarto y del octavo año). Obviamente, el método comercial solo podrá calcularse cuando existe información acerca de cómo y en cuánto se transan los activos usados en el mercado secundario, lo que en innumerables casos es imposible.

Por ejemplo, no es difícil estimar cuánto pierde de valor en el mercado un vehículo, ya que es frecuente encontrar en la prensa ofertas de venta con uno, dos o más años de uso. Sin embargo, se sabe en cuántos años se deprecia un sillón dental, pero no existe información para determinar en cuánto baja anualmente su precio en el mercado. Nótese que el proyecto no acaba el décimo año, por lo que los activos no serán vendidos en ese momento. Solo se simula la venta para estimar su valor.

El tercer método para determinar el valor de desecho plantea que el valor del proyecto no es equivalente a la suma de los valores individuales de cada uno de los activos, sino que corresponde al valor actual de lo que ese conjunto de activos es capaz de generar como flujo perpetuo.

Figura 7.3
Valores de desecho



7.3 Valor de desecho contable

El valor contable –o valor libro– corresponde, como ya se mencionó, al valor de adquisición de cada activo menos la depreciación que tenga acumulada a la fecha de su cálculo o, lo que es lo mismo, a lo que le falta por depreciar a ese activo en el término del horizonte de evaluación.

La valoración por el método contable del valor de desecho se debe efectuar solo a nivel de perfil, y, ocasionalmente, a nivel de prefactibilidad. Esto último, por cuanto dicho método constituye un procedimiento en extremo conservador, ya que presume que la empresa siempre pierde valor económico en consideración solo del avance del tiempo.

Por esta razón, y dado que los estudios a nivel de perfil o prefactibilidad permiten el uso de aproximaciones en su evaluación, el método contable compensa, con su criterio conservador, la falta de precisión en algunas estimaciones de costos y beneficios.

Cuando se valore el proyecto por el valor de sus activos, tanto contable como comercialmente, se deberá agregar la recuperación del capital de trabajo, por constituir recursos de propiedad del inversionista y corresponder a los activos líquidos que mantiene la empresa complementariamente a los activos fijos, como por ejemplo los recursos monetarios de la cuenta caja, las cuentas por cobrar a clientes y los inventarios, tanto en materias primas como en productos en proceso o artículos terminados.

Cuando se valoran contablemente los activos, es posible encontrar cuatro casos:

1. Que la vida útil contable sea mayor que la vida útil real.
2. Que la vida útil contable sea igual que la vida útil real.
3. Que la vida útil contable sea menor que la vida útil real.
4. Que la vida útil contable sea igual que la vida útil real y que, además, coincida con el horizonte de evaluación.

Los primeros tres casos tienen una única solución, mientras que el último tiene dos que, si son bien utilizadas, conducen a un mismo resultado.

Ejemplo 7.5

Considere un activo que tiene solo cuatro activos, cuyo valor de adquisición, años a depreciar y vida útil real son los siguientes.

Activo	Valor de adquisición ($)	Años a depreciar	Vida útil (años)
A	$10.000	5	4
B	$4.000	4	7
C	$12.000	3	3
D	$6.000	5	5

Si el valor de desecho se calcula al final del décimo año y considerando que la única forma en que el proyecto sea sustentable hasta la fecha es sustituyendo activos al final de su vida útil real, se deduce que, en ese momento, su valor contable será el siguiente.

Activo	Depreciación anual ($)	Antigüedad al año 10 (años)	Depreciación acumulada ($)	Valor contable ($)
A	$2.000	2	$4.000	$6.000
B	$1.000	3	$3.000	$1.000
C	$4.000	1	$4.000	$8.000
D	$1.200	0 o 5	$6.000 o $0	$0 o $6.000

En el caso del activo *A*, se debe considerar que se debe sustituir al final del cuarto y del octavo año, por lo que tendrá dos años de antigüedad en el momento de calcular su valor contable.

El activo *D*, como se reemplaza al final del quinto año, al final del décimo año habrá terminado su vida útil real. En este caso, existen dos posibilidades: si se supone que fue reemplazado por segunda vez al final del décimo año, el activo estará nuevo y, por lo tanto, su valor contable será 6.000. Pero, si no se consideró la inversión de reemplazo, el activo tendrá cinco años de antigüedad, estará totalmente depreciado y su valor contable será 0. Si no se consideró su reposición, no habrá un egreso por su reemplazo ni habrá valor contable. Si se considera el reemplazo, el flujo mostrará una inversión de −$6.000 y un aumento de igual monto en el valor contable. Es decir, tendrá un efecto de 0, al igual que si no se considera reponerlo.

La suma de los valores libros de todos los activos equivale al valor de desecho contable.

7.4 Valor de desecho comercial

La valoración por el método comercial se fundamenta en que los valores contables no reflejan el verdadero valor que podrán tener los activos al término del periodo de evaluación. Por tal motivo, se plantea que el valor de desecho de la empresa corresponderá a la suma de los valores de mercado que sería posible esperar de cada activo, corregida por su efecto tributario.

Obviamente, existe una gran dificultad para estimar cuánto podrá valer, dentro de 10 años, por ejemplo, un activo que todavía ni siquiera se adquiere. Si bien hay quienes proponen que se busquen activos similares a los del proyecto con 10 años de uso y determinar cuánto valor han perdido en términos reales en ese plazo, para aplicar igual factor de pérdida de valor a aquellos activos que se adquirirían con el proyecto, esta

respuesta no constituye una adecuada solución al problema, por cuanto no considera posibles cambios en la tecnología, ni en los términos de intercambio ni en ninguna de las variables del entorno.

Se agrega a lo anterior la enorme dificultad práctica de su aplicación a proyectos que tienen una gran cantidad y diversidad de activos, lo que hace que el cálculo de sus valores de mercado se constituya en una tarea verdaderamente titánica. Por esto se recomienda su aplicación en proyectos donde la cantidad de activos que se debe valorar es reducida; por ejemplo, cuando se evalúa el reemplazo de una máquina, y donde se pueda tener cierta confianza en la proyección de los valores de mercado de esos activos al final del periodo de evaluación, en moneda actual.

Cuando se valoran activos, ambos métodos se pueden combinar. De esta forma, aquellos activos cuyo valor incide muy poco en el total de la inversión pueden valorarse contablemente y solo en los de mayor relevancia hacer el esfuerzo de calcular su valor comercial. En este último caso, es posible diferenciar tres situaciones:

1. Que el valor de mercado sea mayor que el valor contable.
2. Que el valor de mercado sea menor que el valor contable.
3. Que el valor de mercado sea igual al valor contable.

Ejemplo 7.6

Suponga que el proyecto tiene solo los primeros tres activos del Ejemplo 7.5 y que sus valores de mercado, con la antigüedad que cada uno tendrá al final del décimo año, son de $7.000 para *A*, $600 para *B* y $8.000 para *C*. El valor de desecho comercial se calcula de la siguiente forma.

Activo	*A*	*B*	*C*	Total
Valor de mercado	$7.000	$600	$8.000	$15.600
Valor contable	–$6.000	–$1.000	–$8.000	–$15.000
Utilidad antes de impuestos	$1.000	–$400	$0	$600
Impuesto 17%	–$170	$68	$0	–$102
Utilidad neta	$830	–$332	$0	$498
Valor contable	$6.000	$1.000	$8.000	$15.000
Flujo neto	$6.830	$668	$8.000	$15.498

Como se puede observar, al hacer los cálculos solo sobre la última columna se llega al mismo resultado que si se suman los resultados individuales obtenidos para cada activo. Esto es así porque, como no se lleva una contabilidad para cada activo, cuando

uno genera una pérdida, esta permite reducir las utilidades ocasionadas por la venta de otro activo. Mientras la pérdida está asociada con un ahorro tributario, la utilidad aumenta el impuesto.

Si se hubiese vendido solo la máquina *A*, se habría tenido que pagar un impuesto de $170. Pero si se venden los tres activos, el impuesto baja a $102. Es decir, la pérdida en *B* contribuyó a reducir la utilidad generada por *A* y, en consecuencia, a ahorrar un impuesto de $68.

Cuando no se conoce la disminución de valor por año de antigüedad, es posible recurrir a una regla de tres simple, si se tiene al menos un valor de venta conocido con ciertos años de antigüedad.

Ejemplo 7.7

La antigüedad que tendrá, al final del décimo año, un activo cuya vida útil real es de seis años es de cuatro años. Si el valor de adquisición fue de $1.200, no existe información de su valor de mercado con cuatro años de uso, pero se sabe que un activo similar que costó $1.000 se vendió con ocho años de antigüedad en $400, por lo que se puede estimar que cada año perdió, en promedio, $75 de valor en el mercado, lo que equivale a 7,5% anual.

Al aplicar esa tasa de desvalorización anual al activo, se deduce que, en cuatro años, habrá perdido 30% de su valor, por lo que podría estimarse que tendría un valor de mercado de $840.

Cualquiera que sea el caso en que se aplique el método comercial, se presenta, sin embargo, una complejidad adicional; a saber, la necesidad de incorporar el efecto tributario que generaría la posibilidad de hacer efectiva su venta.

Si el activo tuviese un valor comercial tal que al venderlo le genere a la empresa una utilidad contable, se debe descontar de dicho valor el monto del impuesto que deberá pagar por obtener dicha utilidad.

Si el activo tuviese un valor comercial inferior a su valor contable, se deberá sumar al precio de venta el ahorro tributario que esa pérdida contable ocasione a la empresa. Es decir, cuando la empresa como un todo tenga utilidades contables consolidadas, el ahorro de impuesto corresponderá exactamente a la tasa de impuesto multiplicada por la pérdida contable del activo que se vendería a precios inferiores a los de su valor contable, tal como se explicó en el Capítulo 6.

El cálculo del valor de desecho, mediante la corrección de valores comerciales después de impuestos, se puede efectuar por dos procedimientos que conducen a igual resultado. En ambos casos se requerirá determinar, primero, la utilidad contable sobre la cual se aplicará la tasa de impuesto vigente. Para ello, con el primer método, se restará al precio de mercado estimado de venta el costo de la venta, que corresponde al valor

contable del activo; luego se calculará el impuesto, y a la utilidad o la pérdida resultante se le sumará el costo contable del activo para eliminar su efecto en el flujo de caja, ya que no constituye un gasto desembolsable. Alternativamente, puede calcularse el monto del impuesto y restarlo (o sumarlo) al precio de venta.

Mucha gente, equivocadamente, incluye la plusvalía de un terreno o una construcción dentro de los beneficios de un proyecto. Por ejemplo, si en un proyecto no se incluye la plusvalía del terreno, su VAN es de $100 negativos, pero si se incluye, sube a $200 positivos, por lo que se deduce que la plusvalía del terreno fue de $300. O sea, el proyecto es malo, pero lo hace bueno la plusvalía del terreno. En otras palabras, el proyecto de comprar el terreno y no hacer nada es más rentable ($300) que construir y operar en él un proyecto ($200). La plusvalía, muchas veces, disfraza un mal proyecto.

7.5 Valor de desecho económico

La valoración por el método económico considera que el proyecto tendrá un valor equivalente a lo que será capaz de generar a futuro. Expresado de otra forma, corresponde al monto al cual la empresa estaría dispuesta a vender el proyecto. Como usualmente el proyecto se evalúa en un horizonte de 10 años, lo más probable es que al término de ese periodo ya se encuentre en un nivel de operación estabilizado. Por lo tanto, sería posible suponer que la situación del noveno o del décimo año es representativa de lo que podría suceder a perpetuidad en los años siguientes. El ideal, en ese sentido, es elegir un año en que no haya situaciones excepcionales, como el reemplazo de algún equipo, ya que su efecto se incorporará en la misma fórmula de cálculo que se propone a continuación.

El valor de un proyecto en funcionamiento se podrá calcular, en el último momento de su periodo de evaluación, como el valor actual de un flujo promedio de caja a perpetuidad. En matemáticas financieras, el valor actual (*VA*) de una perpetuidad se calcula por:

$$VA = \frac{\text{Flujo}}{\text{Tasa}} \tag{7.3}$$

Por ejemplo, si el flujo promedio anual futuro fuese de $100 y si a los recursos invertidos se les exigiera una rentabilidad de 10%, la inversión máxima que una persona estará dispuesta a hacer en el proyecto será de $1.000, ya que solo así los $100 reflejarán la rentabilidad de 10% deseada.

En términos conceptuales, el valor económico se obtendrá dividiendo el flujo promedio perpetuo por la tasa de rentabilidad exigida. En el ejemplo, los $100 divididos por 0,1 (o sea, por el 10%), resultan en los $1.000 de valor de desecho. Nótese cómo, si el flujo es el doble, el valor económico aumenta también al doble.

Sin embargo, esta ecuación, que suele aplicarse sin cuestionar, solo sirve para inversiones en activos financieros donde el dinero no se gasta. En una inversión productiva, la única forma de obtener un flujo perpetuo es considerando una reserva, que se descuenta del propio flujo, para enfrentar las reposiciones futuras de activos que garanticen poder mantener la capacidad productiva del proyecto. Si no se hacen reposiciones, en algún momento se verá afectado el nivel de actividad, y, por lo tanto, no existiría el flujo perpetuo.

La reserva para reposición, si bien se puede calcular como el equivalente a la disminución promedio anual en el valor de mercado de los activos, suele basarse en una información estándar disponible: la depreciación anual. Cuando son muchos activos, las distorsiones entre la depreciación contable y la real de mercado de cada uno de ellos tienden a anularse por simple compensación de errores. Esta reserva hace que el inversionista vea disminuido su flujo futuro, por lo que el valor actual de una perpetuidad en un proyecto productivo se calculará por:

$$VA = \frac{\text{Flujo} - RR}{\text{Tasa}} \qquad (7.4)$$

Donde *RR* es la reserva para reposición calculada como depreciación real o contable de los activos.

Esto es, se deducirá, del flujo de caja promedio normal anual estimado, una cantidad constante que se considerará suficiente pare reinvertir en el mantenimiento de la capacidad productiva del proyecto, la que se estimará por una de las tres opciones siguientes:

1. Suponer que lo que debe reinvertirse en promedio cada año es equivalente a la depreciación anual de los activos.

2. Estimar el precio de liquidación de los activos al final de su vida útil y calcular la reinversión como equivalente a la pérdida de valor de mercado promedio anual que se obtiene de:

$$RR = \frac{I - PV_n}{n} \qquad (7.5)$$

Donde I es el valor de adquisición del activo; PV_n, el valor de liquidación o venta (neto de impuestos) al momento n, y n, la vida útil del activo.

3. Calcular la reinversión como el costo anual equivalente de la inversión inicial y de su valor de liquidación. Para ello, se procede a actualizar el valor de liquidación del

activo, a sumarlo a la inversión y a calcular su costo anual equivalente en el número de años de uso de cada activo mediante:

$$CAE = (I - VAPV_n) * \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \tag{7.6}$$

Donde CAE es el costo anual equivalente; $(I - VAPV_n)$, la diferencia entre el valor actual del valor de liquidación neto de impuestos y la inversión o valor de adquisición del activo; n, su vida útil, e i, la tasa de costo de capital del proyecto.

En una planilla Excel, este valor se obtiene seleccionando **Financieras** en la **Categoría de la función** del menú **Insertar** y se elige **Pago**. En el cuadro de diálogo que se expande, se escribe en la casilla **Tasa** el costo de capital en porcentaje, se anota el valor actual en la casilla **VA** y el número de años de vida útil del activo en la casilla **Nper**. Marcando la opción **Aceptar**, se obtiene el valor promedio o costo anual equivalente.

Existen dos prácticas dentro de la construcción de los flujos de caja que son de uso frecuente y cuestionable: la reposición de activos al final del horizonte de evaluación y la recuperación del capital de trabajo.

Respecto de la reposición de un activo cuyo reemplazo coincide con el horizonte de evaluación, como por ejemplo el de un activo que tiene una vida útil de cinco años en el flujo de un proyecto que se evalúa a 10 años, se considerará que al término del quinto año es sustituido por primera vez, y que al final del décimo deberá serlo por segunda vez. Aunque nadie deja de anotar en la quinta columna una inversión de reemplazo, la mayoría deja de hacerlo en la décima columna, con el argumento de que si el proyecto se evalúa a ese plazo, no es necesario considerar su reposición.

Lo correcto, sin embargo, depende del método que se esté usando para calcular el valor de desecho. Si se emplea cualquiera de los métodos de valoración de activos, es indiferente incluir o no la reposición, ya que si se hace junto con un valor negativo por el monto de la reinversión, deberá anotarse el mayor valor de desecho contable o comercial. Si el último día del último año tomado como horizonte de evaluación se compra un activo, ese mismo día sube el valor de desecho contable en el mismo monto, por corresponder contabilizarlo. Como no se alcanza a depreciar, su valor libro será equivalente a lo considerado como inversión. Si se calcula por el método comercial, sucede lo mismo, ya que el valor del activo –al simular su venta– será igual a la inversión, por tener un valor libro no depreciado que hace que no tenga efectos tributarios que cambien el valor de mercado.

Por otra parte, si se calcula el valor de desecho por el método económico, es imprescindible incluir esa reposición al final del décimo año, ya que sin ella no es posible

generar los flujos perpetuos considerados en su cálculo. La reserva para reposición garantiza mantener la capacidad productiva en el largo plazo. Pero esa reserva se logra solo si es posible generar flujos a partir del primer día del undécimo año, lo cual únicamente es viable teniendo la capacidad productiva que se alcanza, a su vez, si se dispone del ciento por ciento de la capacidad productiva misma.

Respecto de la recuperación del capital de trabajo, también se aprecia que en la gran mayoría de los proyectos siempre aparece este ítem con signo positivo al final del horizonte de evaluación, incluso en muchos textos de evaluación de proyectos o de ingeniería económica.

Al igual que en el caso anterior, incluirlo o no depende del modelo con que se calcule el valor de desecho del proyecto.

Cuando se usan los modelos de valoración de activos, contable y comercial, es indudable que debe agregarse la inversión como parte de la propiedad que se deja a disposición de los accionistas. El capital de trabajo es un activo más que debe sumarse al valor de los activos fijos y que se va a encontrar en inventarios, efectivo o cuentas por cobrar a clientes.

Sin embargo, no puede incluirse cuando se determina el valor de desecho como el valor actual de los flujos futuros, ya que sin esta inversión –como sin la existencia de alguna máquina–, la empresa no podrá generar flujo futuro alguno. El valor de desecho económico opta por valorar el proyecto como una unidad económica funcionando, por lo que no puede suponerse que, además del valor de los flujos, se pueda sobrevaluar al valor actual neto sumándole la recuperación del capital de trabajo.

Tabla 7.3 ***Efectos del método de cálculo del valor de desecho en la preparación del proyecto***

Valor del desecho	Recuperación de trabajo	Reposición de activos al final del horizonte de evaluación
Activos	SIEMPRE debe incluirse la recuperación al final del horizonte de evaluación porque es un activo más de propiedad del inversionista.	Es INDIFERENTE incluir o no la reposición al final del horizonte de evaluación porque el mayor valor de desecho se anula con el valor de la inversión.
Flujos	NUNCA debe incluirse la recuperación al final del horizonte de evaluación porque es necesario disponer de él para generar los flujos futuros.	SIEMPRE debe incluirse la reposición al final del horizonte de evaluación para permitir seguir generando los flujos futuros.

7.6 Aplicación de los modelos

El siguiente ejemplo demuestra cómo, para un mismo conjunto de activos, se obtienen tres resultados distintos, dependiendo del método de cálculo del valor de desecho que se utilice.

Ejemplo 7.8

Supóngase que en un proyecto de ampliación se requiere efectuar las siguientes inversiones en el momento 0.

Inversiones	Monto ($)
Terrenos	$20.000.000
Construcciones	$50.000.000
Equipamiento	$30.000.000

En los $30.000.000 de la inversión en equipamiento se incluye una máquina que tiene un valor de $10.000.000, que debe ser reemplazada cada ocho años, estimándose que puede ser vendida en $2.400.000.

El proyecto considera crecer en dos etapas: una hoy, con la que se espera incrementar el flujo de caja actual de la empresa en $15.000.000; y otra, en seis años más, para alcanzar un flujo de caja normal de $24.000.000 por sobre el actual. El crecimiento para satisfacer el incremento estimado de las ventas requerirá duplicar la inversión en maquinarias ($30.000.000 más) y efectuar construcciones adicionales por $40.000.000.

Se supondrá que todas las construcciones se deprecian contablemente en 50 años y que todas las máquinas pueden hacerlo en 10 años, independientemente de cuánto tiempo decida la empresa quedarse con ellas.

Se estima que al finalizar el décimo año de operación del proyecto, las construcciones y el terreno podrían tener un valor comercial de $100.000.000, mientras que las maquinarias tendrían un valor estimado de $34.000.000.

Para aplicar los procedimientos de cálculo del valor de desecho por los tres métodos propuestos, se supondrán una tasa de impuesto a las utilidades de 15% y una tasa de retorno exigida a las inversiones de 12%.

Como se expuso anteriormente, el valor de desecho contable se calcula como la suma de los valores libros de los activos o como la suma de lo que le falta por depreciar a cada uno de ellos en el momento de efectuar su valoración.

La Tabla 7.4 resume el procedimiento de cálculo de los valores libros o contables individuales y total para la empresa.

Tabla 7.4 ***Valor de desecho contable (en miles de pesos)***

Activo	Valor de compra ($)	Años a depreciar	Depreciación anual ($)	Antigüedad al año 10 (años)	Depreciación acumulada ($)	Valor contable ($)
$T_{(0)}$	$20.000					$20.000
$C_{(0)}$	$50.000	50	$1.000	10	$10.000	$40.000
$C_{(6)}$	$40.000	50	$800	4	$3.200	$36.800
$M_{(0,10)}$	$20.000	10	$2.000	10	$20.000	$0
$M_{(0,8)}$	$10.000					
$M_{(6)}$	$30.000	10	$3.000	4	$12.000	$18.000
$M_{(8)}$	$10.000	10	$1.000	2	$2.000	$8.000
Valor de desecho contable						$122.800

Donde $T_{(0)}$ es la inversión en terreno efectuada en el momento 0; $C_{(0)}$, la inversión inicial en construcciones; $C_{(6)}$, la inversión en construcciones para la ampliación que se realiza en el momento 6; $M_{(0,10)}$, la inversión inicial en máquinas que perdura 10 años; $M_{(0,8)}$, la inversión inicial en máquinas que tiene una vida útil de ocho años; $M_{(6)}$, la inversión en máquinas para la ampliación que se realiza en el momento 6, y $M_{(8)}$, la inversión para reponer la máquina $M_{(0,8)}$.

De acuerdo con esto, el valor de desecho por el método contable es de $122.800.000.

Nótese que no se incluyó el valor del activo que fue reemplazado al final del octavo año, por no ser de propiedad de la empresa al momento de calcular el valor de desecho.

El terreno, como no se deprecia, mantiene como valor libro el valor de su adquisición.

Para calcular el valor de desecho comercial, se considera el valor de mercado esperado del total de activos, corregido por el efecto tributario. Es decir, supone que el valor de los activos no es lo que el mercado está dispuesto a pagar por ellos, sino que lo hace igual al ingreso neto que la empresa percibirá efectivamente de su venta después de impuestos.

De acuerdo con los antecedentes del problema, el valor de desecho comercial se obtendría de la siguiente forma:

Ventas	$134.000.000
Valor libro	–$122.800.000
Utilidad	$11.200.000
Impuesto	–$1.680.000
Utilidad neta	$9.520.000
Valor libro	$122.800.000
Valor de desecho	$132.320.000

Como se puede observar, para calcular este valor se debió necesariamente calcular el valor de desecho contable, ya que el efecto tributario se obtiene restando el valor libro que tendrán los activos al final del décimo año.

Para calcular el valor de desecho por el método económico, debe tomarse el flujo de caja de un año normal, restarle la reserva para reposición anual del conjunto de activos y dividir ese resultado por la tasa de retorno exigida a las inversiones.

Como el proyecto de ampliación se plantea en dos etapas, es posible esperar que en el décimo año ya esté estabilizado el ingreso incremental neto atribuible a la ampliación en $24.000.000 anuales. Como se mencionó anteriormente, a este monto se le deberá deducir una cantidad considerada como la necesaria promedio anual para reinvertir en mantener la capacidad productiva de la empresa a perpetuidad como establece el modelo. Si la depreciación anual obtenida del cuadro de cálculo del valor libro es de $7.800.000, el valor de desecho económico (VD_e) sería de:

$$VD_e = \frac{24.000.000 - 7.800.000}{0,12} = 135.000.000$$

Por último, es necesario considerar que la empresa poseerá, además de los activos fijos, el capital de trabajo invertido para financiar la operación. Este valor constituye parte de los beneficios que la empresa tendrá a su disposición por haber invertido en él al hacer el proyecto. Igual que en el caso de los activos fijos, este activo corriente se debe valorar junto con el valor de desecho, pero únicamente cuando se emplea cualquiera de los métodos de valoración de los activos.

Cuando se calcula el valor de desecho por el método económico, no se debe considerar la recuperación del capital de trabajo, por cuanto el proyecto se valora solo en función de los flujos de caja que esos activos pueden generar a futuro. Dicho de otra forma, el proyecto no puede generar ningún flujo futuro si no tiene capital de trabajo.

Preguntas y problemas

7.1 Explique por qué el flujo de caja puede incluir beneficios que no constituyen ingresos.

7.2 ¿Qué beneficios constituyen movimiento de caja?

7.3 ¿Qué beneficios no constituyen movimiento de caja?

7.4 Explique el concepto de rendimientos marginales decrecientes de los esfuerzos de *marketing*.

7.5 Explique el concepto de rendimientos no proporcionales de los esfuerzos de *marketing*.

7.6 ¿Qué factores influyen sobre el precio de un producto?

7.7 ¿Qué determinará el precio a cobrar por el producto que elabore el proyecto?

7.8 ¿Cómo se determina el valor de un activo que debe ser sustituido?

7.9 Explique cómo se incluye(n) en los flujos de caja el (los) valor(es) de un activo que es (son) liberado(s) por hacer un *outsourcing*.

7.10 ¿Qué efecto tributario tiene un proyecto que genere un ahorro de costos?

7.11 Explique el impacto económico de una reingeniería y de un mantenimiento continuo.

7.12 Explique el concepto de valor de desecho.

7.13 ¿Cuáles son los métodos de cálculo del valor de desecho de un proyecto?

7.14 ¿Cómo se calcula el valor de desecho contable?

7.15 ¿Cómo se calcula el valor de desecho comercial?

7.16 ¿Cómo se calcula el valor de desecho económico?

7.17 ¿En qué casos es posible combinar los métodos de cálculo del valor de desecho contable y comercial?

7.18 ¿Qué opciones existen cuando la vida útil contable y la real coinciden con el horizonte de evaluación?

7.19 Explique cómo puede estimarse el valor de un activo que no se transa en el mercado secundario (activos usados).

7.20 ¿Qué efecto tributario tiene la venta con pérdida de un activo?

7.21 ¿Por qué la fórmula para calcular el valor actual de una perpetuidad no sirve para calcular el valor de desecho económico del proyecto?

7.22 ¿Qué es la reserva para reposición?

7.23 ¿Cómo puede calcularse la reserva para reposición?

7.24 ¿En qué casos debe incluirse en el flujo de caja la recuperación en capital de trabajo?

7.25 ¿Cuándo debe incluirse al final del horizonte de evaluación la reposición de activos?

7.26 Una empresa está evaluando una nueva línea de productos, la que ha venido analizando desde hace varios años. Por ello, cuenta con una adecuada base de información histórica de la oferta y la demanda por el bien, según el comportamiento que ha exhibido el precio en el pasado. La siguiente tabla resume los promedios históricos observados en la industria y que la empresa considera como pertinentes para su propio proyecto.

Precio ($)	Demanda (unidades)	Oferta (unidades)
$18,0	6.341	16.756
$17,0	6.863	14.090
$15,4	8.210	12.882
$14,2	8.990	11.624
$13,9	9.078	11.330
$12,2	10.422	10.447
$10,9	12.860	8.765
$9,8	13.359	8.011

Con esta información, explique el concepto de precio de equilibrio y el comportamiento de la oferta y la demanda al variar este. ¿En qué casos el comportamiento puede ser distinto del normalmente esperado?

7.27 Para calcular el precio que maximiza los beneficios, una empresa ha determinado, después de varios años de analizar el comportamiento del mercado, que por cada peso que aumenta el precio del producto, las ventas se reducen en 2.400 unidades, mientras que por cada peso que aumenta el ingreso per cápita de la población, las ventas se incrementan en 110 unidades. También se sabe que, por cada persona que se incorpora a la población objetivo del proyecto, las ventas suben en 1% y que, por cada peso gastado en publicidad, el aumento es de 2%. El ingreso per cápita se estima en $3.000 y la población objetivo se calcula en 600.000 habitantes. Los gastos en publicidad de la empresa, en promedio, son de $62.000.

Por otra parte, para la elaboración del producto se deberá incurrir en costos fijos adicionales de $410.000 anuales y en un costo variable de producción de $4,80 por unidad.

Con estos antecedentes, calcule el precio que hace máximo el beneficio del proyecto.

7.28 Suponga que la implementación de un proyecto obligará a invertir, antes de la puesta en marcha, $10.000 en terrenos, $26.000 en construcciones, $22.000 en maquinarias y $8.000 en capital de trabajo. Si se hace el proyecto, 50% de las máquinas se deberá reemplazar cada cuatro años. La depreciación de las construcciones se hace en 40 años y la de la maquinaria, en 10 años.
Con esta información, determine el valor de desecho contable para el proyecto al cabo de ocho y 10 años.

7.29 Calcule el valor de desecho contable de un proyecto que considera invertir en cuatro activos y cuyos valores y vidas útiles son los siguientes.

Activo	Valor adquisición ($)	Años a depreciar	Vida útil (años)
A	$60.000	6	4
B	$3.000	2	2
C	$12.000	3	5
D	$36.000	3	6

7.30 Para continuar con su política de expansión, una empresa evalúa la conveniencia de ampliarse en dos etapas: la primera, el año 2012, y la segunda, el año 2016. Para lograr esto, deberá construir un nuevo edificio que tiene que estar terminado a fines de 2011, con una inversión estimada en $60.000. Además, deberá invertir en los siguientes activos.

Maquinaria	Costo ($)
A	$12.000
B	$18.000
C	$6.000
D	$24.000

Las máquinas *A* y *B* se deben sustituir cada cuatro años, la *C* cada ocho años y la *D* cada 16 años.

Para la segunda etapa, la empresa deberá comprar nuevas máquinas: *A*, *B* y *C*. No se requiere comprar una segunda máquina *D*, ya que su capacidad de producción inicial permite enfrentar sin dificultades este crecimiento.

El capital de trabajo se incrementaría en $10.000 en la primera etapa y en $6.000 en la segunda. Todas las máquinas se deprecian en 10 años y la construcción, en 50 años.

Con esta información, determine el valor de desecho contable en un horizonte de evaluación de 10 años.

7.31 En la elaboración de un flujo de caja, se considera que la situación se consolida y estabiliza a partir del sexto año. Si la tasa de descuento exigida al capital es de 12% y el siguiente flujo se pronostica para el sexto año en adelante, calcule el valor de desecho económico.

Ingresos por venta	$24.000
Costos variables	–$11.000
Costo fijos	–$7.000
Depreciación	–$2.000
Utilidad antes de impuestos	$4.000
Impuesto 15%	–$600
Utilidad neta	$3.400
Depreciación	$2.000
Flujo de caja	$5.400

7.32 Para el siguiente estado de resultados previstos para el último año de la evaluación de un proyecto, determine el valor de desecho económico para una tasa de costo de capital de 16%.

Ingresos por venta	$65.000
Venta de activos	$30.000
Costos variables	–$23.000
Costos fijos	–$28.000
Depreciación	–$17.000
Valor libro	–$15.000
Utilidad antes de impuestos	$12.000
Impuesto 15%	–$1.800
Utilidad neta	$10.200

7.33 En la evaluación de un proyecto de internalización del servicio de mantenimiento, se estima necesario invertir $20.000 en maquinaria de mantenimiento pesado y $12.000 en maquinaria liviana para tareas de mantenimiento preventivo. Mientras que la primera tiene una duración estimada de 15 años, la segunda debe reemplazarse cada siete años, aun cuando ambas se deprecian en 10 años.

La maquinaria de mantenimiento pesada puede venderse en $3.000 al término de su vida útil real, mientras que la de mantenimiento preventivo puede venderse en $4.000 al término del séptimo año.

Por otra parte, la empresa deberá construir un galpón de estructura metálica para realizar las tareas de mantenimiento, cuyo costo asciende a $24.000 y tiene la posibilidad de depreciarse en 40 años. Al cabo de 10 años, se estima que podría ser desarmado y vendido en 70% de lo que costó.

Al internalizar el proceso, la empresa se ahorrará $14.000 anuales que paga por el mantenimiento externo, pero deberá asumir los siguientes costos.

Mano de obra	$2.000
Materiales	$1.200
Repuestos	$4.100
Energía	$700
Seguros	$1.000

Con esta información, calcule el valor de desecho por los métodos contable, comercial y económico, si sabe, además, que la inversión en capital de trabajo aumenta en $2.000, que la tasa de impuesto es de 15% y que la tasa exigida de retorno es de 8%.

7.34 En la evaluación de un proyecto para prestar servicios de mantenimiento, se estima necesario invertir $270.000 en máquinas tipo *A* y $140.000 en máquinas tipo *B*. Mientras que las primeras tienen una duración estimada de 12 años, las segundas deben reemplazarse cada seis años. Todas las máquinas se deprecian en 10 años.

Las máquinas tipo *A* pueden venderse en $30.000 al término de su vida útil real. La única información de mercado para las máquinas tipo *B* es que, con ocho años de antigüedad, otras se han vendido en $20.000.

La empresa deberá construir instalaciones por un costo de $160.000, que tienen la posibilidad de depreciarse en 40 años. Al cabo de 10 años, se estima que podrían ser desarmadas y vendidas en 70% de lo que costaron.

Para realizar el proyecto, se deberán invertir $22.000 en capital de trabajo.

La tasa de impuesto a las utilidades es de 17%, y la tasa de retorno exigida asciende a 12%.

Se estima que los ingresos anuales ascenderían a $150.000 y que la empresa deberá asumir los siguientes costos totales anuales.

Remuneraciones	$20.000
Materiales	$18.000
Repuestos	$3.000
Energía	$4.000
Seguros	$1.000
Arriendo terreno	$4.000

Con esta información, calcule para el final del décimo año:

a. El valor de desecho por el método contable y la recuperación en capital de trabajo.

b. El valor de desecho por el método comercial y la recuperación en capital de trabajo.

c. El valor de desecho por el método económico y la recuperación en capital de trabajo.

Capítulo

8

Cómo construir los flujos de caja

Como se mencionó en los capítulos anteriores, existen varias formas de construir el flujo de caja de un proyecto, dependiendo de la información que se desee obtener: medir la rentabilidad del proyecto, la rentabilidad de los recursos propios invertidos en él o la capacidad de pago de un eventual préstamo para financiar la inversión. Por ello, la estructura que deberá asumir el flujo de caja dependerá del objetivo perseguido con la evaluación.

Un factor de mucha relevancia en la confección correcta de un flujo de caja es la determinación del horizonte de evaluación que, en una situación ideal, debería ser igual a la vida útil real del proyecto, del activo o del sistema que origina el estudio. De esta

forma, la estructura de costos y beneficios futuros de la proyección estaría directamente asociada con la ocurrencia esperada de los ingresos y egresos de caja en el total del periodo involucrado. Sin embargo, la mayoría de las veces esto no sucede, ya que el ciclo de vida real puede ser tan largo que hace imposible confiar en las proyecciones más allá de cierto plazo o porque la comparación de alternativas de vidas útiles muy distintas hace conveniente optar por los criterios que se adecuen a cada situación; por ejemplo, el periodo de producción requerido si existe contrato de por medio, o la vida útil de la alternativa de vida más corta si hay una clara tendencia a la innovación en sus características técnicas o en las propias políticas internas de la empresa.

La importancia del ciclo de vida de los proyectos se manifiesta también en que determinará el procedimiento que se deberá seguir para su evaluación. En ese sentido, se puede identificar la existencia de alternativas con igual vida útil, con vidas útiles distintas donde existe repetibilidad perpetua mediante reinversiones en iguales tecnologías o vidas útiles distintas, en la que al menos una de las opciones no coincide con el periodo de evaluación. El primer caso corresponde, por ejemplo, a la selección del vehículo que se empleará en el transporte de los trabajadores hacia la planta, donde es posible encontrar vehículos de distinta marca que tengan una vida útil muy parecida. El segundo caso se da, por ejemplo, cuando una empresa minera está evaluando optar por una planta generadora de energía a carbón o a petróleo, donde la decisión que se tome tiene escasa posibilidad de revertirse. El tercer caso es frecuente en proyectos que evalúan una sustitución de un activo al que le queda poca vida útil por otro nuevo cuya duración puede ser sustancialmente mayor.

8.1 Estructura general de un flujo de caja

Un flujo de caja se estructura en varias columnas que representan los momentos en que se generan los costos y beneficios de un proyecto. Cada momento refleja dos cosas: los movimientos de caja ocurridos durante un periodo, generalmente de un año, y los desembolsos que deben estar realizados para que los eventos del periodo siguiente puedan ocurrir.

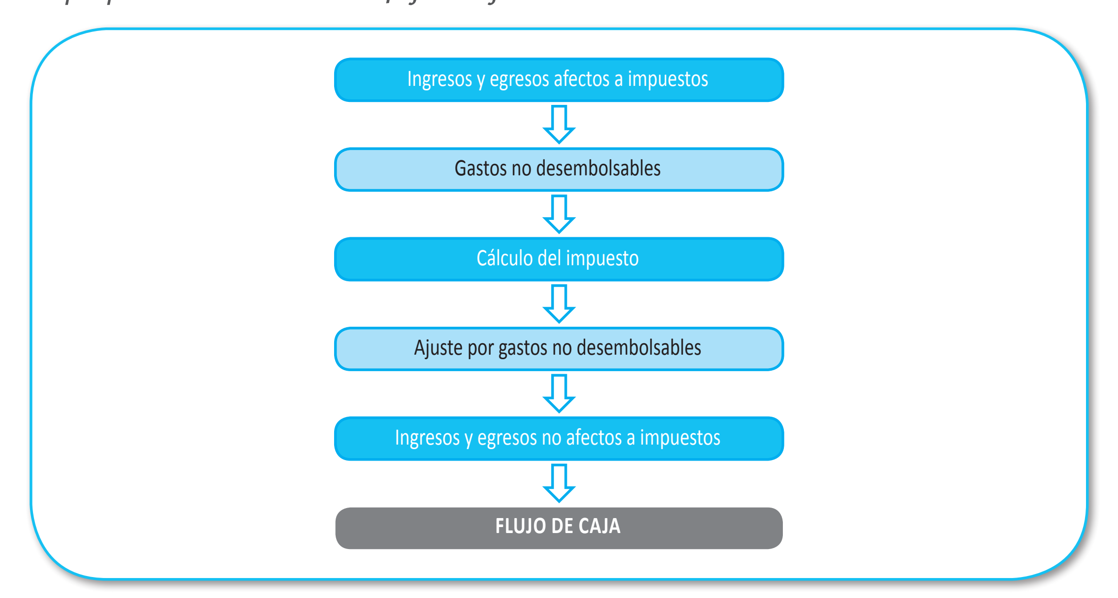
Si el proyecto se evaluara en un horizonte de tiempo de 10 años, por ejemplo, se deberá construir un flujo de caja con 11 columnas, una para cada año de funcionamiento y otra, la columna 0, para reflejar todos los desembolsos previos a la puesta en marcha.

El calendario de egresos previos a la puesta en marcha corresponde a los presupuestos de todos los desembolsos que se efectúan antes del inicio de la operación que se espera realizar con la implementación del proyecto.

Una forma de ordenar los distintos ítems que componen el flujo de caja de un proyecto considera los cinco pasos básicos que se muestran en la Figura 8.1, que finaliza con su construcción.

Los ingresos y egresos afectos a impuestos incluyen todos aquellos movimientos de caja que, por su naturaleza, puedan alterar el estado de pérdidas y ganancias (o estado de resultados) de la empresa y, por lo tanto, la cuantía de los impuestos a las utilidades que se podrán generar por la implementación del proyecto. Por ejemplo, entre este tipo de ingresos se pueden identificar las mayores ventas que podrán esperarse de una ampliación, los ahorros de costos por cambio de tecnología o la venta de algún activo si se hace un *outsourcing* o un abandono de algún área de actividad de la empresa; asimismo, entre los egresos, están las remuneraciones, los insumos, los alquileres y cualquier desembolso real que signifique además un gasto contable para la empresa.

Figura 8.1
Etapas para la construcción de un flujo de caja



Los gastos no desembolsables corresponden a gastos que, sin ser salidas de caja, es posible agregar a los costos de la empresa con fines contables, permitiendo reducir la utilidad sobre la cual se deberá calcular el monto de los impuestos a pagar. Por ejemplo, constituyen cuentas de gastos contables, sin ser egresos de caja, la depreciación de los activos fijos, la amortización de los activos intangibles y el valor contable o valor libro de los activos que se venden.

Como resultado de las sumas y restas de ingresos y gastos, tanto efectivos como no desembolsables, se obtiene la utilidad antes de impuestos. En la tercera etapa, la del cálculo del impuesto, corresponde aplicar la tasa tributaria porcentual sobre las utilidades para determinar el monto impositivo, que sí es un egreso efectivo necesario de incorporar en la construcción del flujo de caja. Después de calculado y restado el impuesto, se obtiene la utilidad neta.

En algunos casos se sumará un ahorro tributario, tal como se expuso en el Capítulo 7, al vender un activo con pérdidas contables. Por ejemplo, cuando la evaluación de alternativas se hace solo por consideraciones de costo, en la utilidad antes de impuestos se reflejará cuánto hace disminuir cada una de ellas a la utilidad total de la empresa y, en consecuencia, el impuesto tendrá signo positivo por corresponder a un ahorro o menor gasto tributario atribuible a cada opción. Esta materia se analiza con más detalle en este mismo capítulo.

Dado que los gastos no desembolsables no constituyen una salida de caja y fueron restados solo para calcular la cuantía de los tributos, después de calcular el impuesto se deberán efectuar los ajustes por gastos no desembolsables. Aquí, todos los gastos que no constituyen egresos se volverán a sumar para anular su efecto directo en el flujo de caja, pero dejando incorporado su efecto tributario.

En un proyecto de abandono o de *outsourcing*, es muy posible que se produzca la eliminación de algunos activos, lo que implicará una reducción en el monto de la depreciación anual. Este menor gasto, o "ahorro" contable, se deberá anotar con signo positivo en los gastos no desembolsables y negativo en los ajustes por gastos no desembolsables, para anular su efecto. Como toda reducción de gastos, esto aumentará la utilidad antes de impuestos y, en consecuencia, se verá incrementado el monto de los impuestos.

En los ingresos y egresos no afectos a impuestos se deberán incluir aquellos movimientos de caja que no modifican la riqueza contable de la empresa y que, por lo tanto, no están sujetos a impuestos. Por ejemplo, en los egresos se incluirán las inversiones, por cuanto al adquirir un activo no disminuye la riqueza de la empresa, sino que solo está cambiando un activo corriente (caja, por ejemplo) por un activo fijo (máquinas) o aumentando el valor de los activos y los pasivos, simultáneamente, si su adquisición fue financiada con deuda. La pérdida para la empresa se producirá posteriormente cuando entre en uso el activo. Como se mencionó antes, esto se reflejará en una pérdida anual de una parte de su valor, lo que se registrará contablemente en la depreciación. En los ingresos no afectos a impuestos se incluirá la valoración del remanente de la inversión realizada y ocupada, la que se expresará en el valor de desecho del proyecto, el cual incluso puede tener un valor superior al de la inversión inicial y se anotará al final del último periodo de evaluación.

Cada uno de los cinco pasos para construir el flujo de caja ordenará la información que corresponda a cada cuenta, registrándola en la columna o momento respectivo. Por ejemplo, en la columna o momento 0 se registrarán todas las inversiones que deben estar efectuadas para que el proyecto pueda iniciar su operación a partir del primer periodo.

Previo a la puesta en marcha del proyecto, las inversiones se realizan en distintos momentos del tiempo aunque se presentan, por lo general, como un solo monto en el momento 0. Esto hace necesario construir un calendario de inversiones que posibilite agregar el costo de capital inmovilizado durante la etapa de construcción y puesta en marcha. Comúnmente, este calendario se hace en periodos mensuales, donde el último

corresponde al momento 0 del proyecto. Es decir, el desembolso realizado en el último mes no ocasiona costos de capital[1].

En el calendario de inversiones se deben incluir todos los egresos derivados de la eventual puesta en marcha del proyecto, sean calificados bajo la denominación de inversión o de gasto. Por ejemplo, entre estos últimos están aquellos en que se incurre por concepto de seguros de maquinarias, sueldos, alquileres, impuesto territorial o energía, entre otros, durante la etapa de construcción o inversión. En empresas en marcha, es frecuente cargar estos egresos como gastos del periodo para fines contables y tributarios, mientras que los de inversión propiamente dicha se activan para posteriormente depreciarlos.

Por otra parte, una columna del flujo, como la cuarta, por ejemplo, anotará los ingresos y egresos proyectados para el cuarto año, más aquellas inversiones que deberán estar realizadas para enfrentar un crecimiento en la operación en el quinto año.

Si el proyecto se evalúa en un horizonte de 10 años y uno de los activos tiene exactamente una vida útil de 10 años, se deberá incluir, en el momento 10, la reposición de ese activo cuando el valor de desecho se calcule por el método económico, aun cuando sea al final del periodo de evaluación, por cuanto la empresa tiene un horizonte de vida superior al plazo de evaluación. Para que el proyecto tenga la capacidad de seguir generando beneficios a futuro, los que se considerarán para calcular el valor de desecho del proyecto, se requerirá toda su capacidad productiva instalada disponible.

Es posible obtener un resultado de la evaluación más certero si, en vez de anotar la suma de los flujos durante un año, estos se capitalizan –por ejemplo, mensualmente–, agregándoles el costo de capital utilizado dentro de un año. Lo anterior se usa escasamente y solo cuando existen variaciones estacionales significativas durante un año. Obviamente, la capitalización de un flujo anual expresado mensualmente deberá hacerse a la tasa de costo de capital mensual[2].

1

$$VF = \sum_{t=0}^{n-1} Ct * (1+i)^t \quad (8.1)$$

Donde *VF* es el valor final del flujo del calendario de inversiones; *Ct*, el flujo de cada periodo *t*, e *i*, la tasa de costo de capital por periodo.
Otra opción es la ecuación

$$VF = \sum_{t=1}^{n} Ct * (1+i)^t \quad (8.2)$$

En este caso, el valor final está expresado un periodo después del último flujo y, en consecuencia, el calendario de inversiones se hace hasta el último mes (periodo) antes de la puesta en marcha del proyecto.

2 Para expresar mensualmente una tasa anual, se puede recurrir a la siguiente fórmula.

$$i_m \sqrt[12]{1 + i_a} - 1 \quad (8.3)$$

Donde i_m es la tasa de interés mensual e i_a es la tasa de interés anual.

En la gran mayoría de los casos, sin embargo, no se calculan flujos capitalizados mensualmente, por cuanto se supone que la variación en el monto calculado de rentabilidad para el proyecto, en general, cambia en forma poco significativa y porque parte del efecto estacional puede ser corregido por un capital de trabajo determinado sobre consideraciones estacionales, tal como se explicó en el Capítulo 6.

El horizonte de evaluación (o plazo en que se evaluará la inversión) no debe confundirse con la vida útil del proyecto, aunque puedan coincidir. Mientras que la vida útil se asocia con el tiempo durante el cual se espera recibir beneficios o con el plazo en que se estima subsistirán los problemas que se busca resolver, el horizonte de evaluación es el periodo durante el cual se pronosticarán los flujos de caja para medir la rentabilidad del proyecto.

Un problema que se plantea frecuentemente al preparar el flujo de caja de un proyecto es el horizonte de evaluación. Aunque se observa que la mayoría lo hace a 10 años, existen algunos criterios que, a mi juicio, ayudan a determinarlo.

- Si se trata de la creación de una nueva empresa, la convención es evaluar el horizonte a 10 años, considerando que el valor remanente de la inversión (o valor de desecho) incluye el valor actualizado de los flujos anuales promedios perpetuos que se espera genere el proyecto después de restarle una reserva para la reposición de activos. Cualquier valor que se actualice más allá de 30 años tiende a 0 y es irrelevante.
- Si el valor remanente de la inversión se determina por la valoración de los activos, lo más prudente es definir un horizonte coincidente con la vida útil del o los activos de mayor valor. Por ejemplo, si 70% de la inversión en máquinas y equipos debe ser sustituido en ocho años, se define este plazo como horizonte para la evaluación.
- Si el proyecto es de comparación de alternativas y hay flexibilidad para cambiarse de una a otra en cualquier momento (reemplazo de un vehículo, por ejemplo), el horizonte lo define la vida útil restante más pequeña entre ambas alternativas. Por ejemplo, si la máquina nueva tiene una vida útil de 15 años y a la actual le quedan siete años de vida, el plazo máximo de comparación es de siete años, ya que, con posterioridad, desaparece la opción de continuar con el activo actual.
- Si las opciones no presentan flexibilidad para sustituirse entre sí una vez hecha la inversión (una termoeléctrica a carbón *versus* a petróleo), lo más simple es calcular el costo anual equivalente y compararlos, ya que supone renovación constante de la tecnología elegida.

Los beneficios que se pueden esperar después del décimo año se reflejarán en el valor de desecho del proyecto, el cual se anotará como un beneficio no afecto a impuestos en el último momento del flujo.

Otra opción se da cuando el proyecto tiene concentrada gran parte de las inversiones en algunos equipos cuya vida útil es diferente de 10 años. Por ejemplo, si 80% de las inversiones corresponde a un activo que tiene una vida útil de 13 años, lo más probable es que se fije el horizonte de evaluación en 13 años.

Ejemplo 8.1

Suponga que para evaluar la conveniencia de crear una nueva empresa se dispone de los siguientes antecedentes:

- La estrategia comercial considera un precio de introducción de $100 para los primeros tres años y de $110 a partir del cuarto.
- La proyección de la demanda supone vender 1.000 unidades el primer año, aumentar en 20% las ventas el segundo año, en 5% el tercero y crecer en forma vegetativa en el equivalente al crecimiento de la población, que se estima en 2% anual.
- Las inversiones en activos fijos corresponden a $80.000 en terrenos, $200.000 en construcciones que se deprecian contablemente en 40 años y $100.000 en maquinarias que se deprecian en 10 años, aunque tienen una vida útil real de solo seis años. Al final de su vida útil, podrían venderse en 50% de lo que costaron.
- El costo variable es de $30 para cualquier nivel de actividad, y los costos fijos son de $20.000 anuales.
- La tasa de impuesto a las utilidades es de 17%.
- El capital de trabajo equivale a seis meses de costos de operación desembolsables.
- El valor de desecho se calcula por el método contable.

El flujo de caja que mide la rentabilidad del proyecto, es decir, de toda la inversión, se muestra en la Tabla 8.1.

El valor de desecho incluye el valor libro del terreno ($80.000), de la construcción ($200.000 − 5 * $10.000) y el de la máquina que se compró al final del sexto año ($100.000 − 4 * $10.000).

Tabla 8.1 ***Estructura general de un flujo de caja***

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingreso		$100.000	$120.000	$126.000	$141.372	$144.199	$147.083	$150.025	$153.026	$156.086	$159.208
Venta de activos							$50.000				
Costos variables		–$30.000	–$36.000	–$37.800	–$38.556	–$39.327	–$40.114	–$40.916	–$41.734	–$42.569	–$43.420
Costos fijos		–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000
Depreciación construcción		–$5.000	–$5.000	–$5.000	–$5.000	–$5.000	–$5.000	–$5.000	–$5.000	–$5.000	–$5.000
Depreciación maquinaria		–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000
Valor libro							–$40.000				
Utilidad		$35.000	$49.000	$53.200	$67.816	$69.872	$81.970	$74.109	$76.291	$78.517	80.788
Impuesto		–$5.950	–$8.330	–$9.044	–$11.529	–$11.878	–$13.935	–$12.599	–$12.970	–$13.348	–$13.734
Utilidad neta		$29.050	$40.670	$44.156	$56.287	$57.994	$68.035	$61.511	$63.322	$65.169	$67.054
Depreciación construcción		$5.000	$5.000	$5.000	$5.000	$5.000	$5.000	$5.000	$5.000	$5.000	$5.000
Depreciación maquinaria		$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000
Valor libro							$40.000				
Terreno	–$80.000										
Construcción	–$200.000										
Maquinaria	–$100.000						–$100.000				
Capital de trabajo	–$25.000	–$3.000	–$900	–$378	–$386	–$393	–$401	–$409	–$417	–$426	$31.710
Valor de desecho											$290.000
Flujo del proyecto	–$405.000	$41.050	$54.770	$58.778	$70.902	$72.601	$22.634	$76.101	$77.904	$79.744	$403.764

Como puede observarse, en la fila de capital de trabajo se anotó con signo positivo la suma de las inversiones anteriores, debido a que el cálculo del valor de desecho se hizo por el método contable y consideró solo el valor libro de los activos fijos. Alternativamente, pudo sumarse al valor de desecho de los activos fijos y calcularse como un solo valor de desecho total.

8.2 Construcción del flujo de caja. Rentabilidad y capacidad de pago

Para determinar cuál es la rentabilidad que obtendría el inversionista por los recursos propios aportados para la materialización del proyecto, se debe efectuar una corrección al flujo de caja que mide la rentabilidad del total de la inversión, mediante la incorporación del efecto del financiamiento externo en la proyección de caja efectuada anteriormente, ya sea por la obtención de un préstamo o por la contratación de un *leasing*.

La forma de abordar estas dos situaciones es distinta cuando se trata de medir la rentabilidad del inversionista, principalmente por las consideraciones de tipo tributario que se deben tener en cuenta al construir el flujo de caja.

8.2.1 Financiamiento del proyecto con deuda

Al recurrir a un préstamo bancario para financiar el proyecto, la empresa debe asumir el costo financiero que está asociado a todo proceso de otorgamiento de créditos, el cual, como se explicó anteriormente, tiene un efecto negativo sobre las utilidades y, por lo tanto, positivo sobre el impuesto. Es decir, genera un ahorro tributario al reducir las utilidades contables sobre las cuales se calcula el impuesto.

Por otra parte, incorporar el préstamo como un ingreso en el flujo de caja del inversionista en el momento 0 hace que la inversión se reduzca de manera tal, que el valor resultante corresponde al monto de la inversión que debe ser financiada con recursos propios.

La rentabilidad del inversionista se calculará comparando la inversión que él deberá financiar con el remanente del flujo de caja que queda después de servir el crédito; es decir, después de pagar los intereses y de amortizar la deuda.

Ejemplo 8.2

Con el fin de ejemplificar las diferencias en la construcción de los flujos de caja, para medir la rentabilidad del proyecto con la del inversionista cuando financia parte de las inversiones con deuda bancaria, se usará el mismo caso del Ejemplo 8.1, con los siguientes supuestos adicionales:

- El 60% de la inversión fija se financia con un préstamo a ocho años plazo y una tasa de interés de 9% anual.
- El capital de trabajo, las inversiones de reposición y 40% de las inversiones fijas se financian con aportes de los inversionistas.

Para incorporar el efecto del financiamiento, debe calcularse, primero, el monto de la cuota que se deberá servir al banco anualmente y diferenciar de ella los componentes de interés y de amortización de la deuda. El monto de la cuota se puede calcular por la siguiente expresión.

$$C = P\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \qquad (8.4)$$

Donde C es el valor de la cuota; P, el monto del préstamo; i, la tasa de interés, y n, el número de cuotas en que se servirá el crédito.

Reemplazando con los antecedentes del ejemplo, se tiene:

$$C = (380.000 * 0,6) * \frac{0,09(1 + 0,09)^8}{(1 + 0,09)^8 - 1}$$

De lo que resulta una cuota de $41.194.

En una planilla electrónica, como Excel por ejemplo, la cuota se calcula directamente usando la opción **Función** del menú **Insertar**, se selecciona **Financieras** en la **Categoría de la función** y se elige **Pago** en el **Nombre de la función**. En el cuadro de diálogo **Pago**, se escribe 9% en la casilla correspondiente a **Tasa**, 8 en la casilla **Nper** y −228.000 en **VA**. Marcando la opción **Aceptar**, se obtiene el valor de la cuota.

Para diferenciar la parte de la cuota que corresponde a los intereses del préstamo (que se encuentran afectos a impuestos) de su amortización (que no está afecta a impuestos), se elabora una tabla de pagos que exprese, en la primera columna, el saldo de la deuda al inicio de cada año; en la segunda, el monto total de cada cuota; en la tercera, el interés del periodo, y en la cuarta, el monto que amortizará la deuda inicial, calculada como la diferencia entre la cuota y el interés a pagar. Esto se muestra en la Tabla 8.2.

Tabla 8.2 ***Tabla de pagos o tabla de amortización***

Saldo adeudado ($)	Cuota ($)	Interés ($)	Amortización deuda ($)
$228.000	$41.194	$20.520	$20.674
$207.326	$41.194	$18.659	$22.534
$184.792	$41.194	$16.631	$24.562
$160.229	$41.194	$14.421	$26.773
$133.456	$41.194	$12.011	$29.183
$104.274	$41.194	$9.385	$31.809
$72.464	$41.194	$6.522	$34.672
$37.792	$41.194	$3.401	$37.792

Para medir la rentabilidad de los recursos propios, se debe incluir el efecto del financiamiento en el flujo de caja original, incorporando los intereses antes de impuestos con signo negativo, el préstamo después de impuestos con signo positivo y la amortización del préstamo con signo negativo, también después de impuestos.

El flujo de caja resultante se muestra en la Tabla 8.3.

Tabla 8.3 ***Flujo de caja del inversionista (con deuda)***

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingreso		$100.000	$120.000	$126.000	$141.372	$144.199	$147.083	$150.025	$153.026	$156.086	$159.208
Venta de activos							$50.000				
Costos variables		−$30.000	−$36.000	−$37.800	−$38.556	−$39.327	−$40.114	−$40.916	−$41.734	−$42.569	−$43.420
Costos fijos		−$20.000	−$20.000	−$20.000	−$20.000	−$20.000	−$20.000	−$20.000	−$20.000	−$20.000	−$20.000
Intereses		−$20.520	−$18.659	−$16.631	−$14.421	−$12.011	−$9.385	−$6.522	−$3.401		
Depreciación construcción		−$5.000	−$5.000	−$5.000	−$5.000	−$5.000	−$5.000	−$5.000	−$5.000	−$5.000	−$5.000
Depreciación maquinaria		−$10.000	−$10.000	−$10.000	−$10.000	−$10.000	−$10.000	−$10.000	−$10.000	−$10.000	−$10.000
Valor libro							−$40.000				
Utilidad		$14.480	$30.341	$36.569	$53.395	$57.861	$72.585	$67.587	$72.890	$78.517	$80.788
Impuesto		−$2.462	−$5.158	−$6.217	−$9.077	−$9.836	−$12.339	−$11.490	−$12.391	−$13.348	−$13.734
Utilidad neta		$12.018	$25.183	$30.352	$44.318	$48.025	$60.246	$56.098	$60.499	$65.169	$67.054
Depreciación construcción		$5.000	$5.000	$5.000	$5.000	$5.000	$5.000	$5.000	$5.000	$5.000	$5.000
Depreciación maquinaria		$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000
Valor libro							$40.000				
Terreno	−$80.000										
Construcción	−$200.000										
Maquinaria	−$100.000						−$100.000				
Capital de trabajo	−$25.000	−$3.000	−$900	−$378	−$386	−$393	−$401	−$409	−$417	−$426	$31.710
Préstamo	$228.000										
Amortización de la deuda		−$20.674	−$22.534	−$24.562	−$26.773	−$29.183	−$31.809	−$34.672	−$37.792		
Valor de desecho											$290.000
Flujo del inversionista	−$177.000	$3.345	$16.748	$20.412	$32.159	$33.449	−$16.965	$36.016	$37.289	$79.744	$403.764

Como se puede observar en la Tabla 8.3, cuando se incorpora el préstamo con signo positivo, el flujo de caja en el momento 0 se reduce automáticamente a los $177.000 correspondientes a la cuantía de recursos que debe aportar el inversionista para financiar la parte de la inversión que no cubre el préstamo.

8.2.2 Financiamiento del proyecto con *leasing*

Una fuente opcional de financiamiento de las inversiones de un proyecto está constituida por el *leasing*, instrumento mediante el cual la empresa puede disponer de determinados activos con anterioridad a su pago.

El *leasing* o alquiler de activos permite su uso por un periodo determinado a cambio de una serie de pagos. Al término del periodo de alquiler, el locatario puede ejercer una opción para comprar o devolver el bien, o para renovar el contrato. Hay dos tipos de operaciones de *leasing*: financiero y operativo.

Un *leasing* financiero involucra plazos generalmente largos y pagos que deben ser cumplidos en su totalidad. Una característica importante de este tipo de *leasing* es que en el contrato debe estar explícita cualquiera de las siguientes cuatro condiciones:

1. La transferencia de la propiedad del bien se le realiza al locatario o inquilino, al término del contrato.
2. El monto de la opción de compra es inferior al valor comercial esperado para el bien en ese momento.
3. El valor actual de las cuotas corresponde a una proporción significativa del valor de adquisición al inicio del contrato.
4. El contrato abarca parte importante de la vida útil.

El *leasing* financiero se contabiliza en forma similar a la compra de un activo fijo. Es decir, se activan, bajo la denominación de activos en *leasing*, el valor actual de las cuotas y la opción de compra; o, si el contrato lo establece, el precio al contado del bien objeto de alquiler. El valor nominal del contrato se contabilizará como pasivo exigible. La diferencia entre el valor nominal del contrato y el valor actual de sus pagos convenidos se contabilizará como intereses diferidos por *leasing*. Al vencimiento de cada cuota se traspasarán a gastos contables los intereses diferidos por *leasing* devengados.

Si el proyecto va a ser financiado mediante un *leasing* operativo en vez de endeudamiento, la forma de calcular el flujo del inversionista difiere del procedimiento explicado para el financiamiento bancario, por cuanto el total de la cuota del *leasing* es considerado como gasto deducible de impuesto, similar a cualquier alquiler de un bien inmueble, por ejemplo.

Como se busca medir la rentabilidad de los recursos propios, en la columna 0 se colocará el total de la inversión menos el valor de los activos que se financiarán con el *leasing*. Nótese que, en este caso, la inversión neta que aparecerá en el momento 0 corresponderá a los recursos que tendrá que aportar el inversionista.

Si se incorpora la opción de financiamiento por *leasing* para financiar 60% de la inversión en la primera máquina del ejemplo anterior, y suponiendo que ello lleva a pagar

una cuota anual de $15.000, también en seis años se tendría un flujo de caja para el inversionista como el que muestra la Tabla 8.4. En este caso, en el momento 0 se anota solo aquella parte de la inversión que corresponde financiar antes del inicio de la operación, por cuanto el pago por la compra de los activos se hace diferido en seis años.

Tabla 8.4 ***Flujo de caja del inversionista (con*** **leasing*****)***

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingreso		$100.000	$120.000	$126.000	$141.372	$144.199	$147.083	$150.025	$153.026	$156.086	$159.208
Venta de activos							$50.000				
Costos variables		–$30.000	–$36.000	–$37.800	–$38.556	–$39.327	–$40.114	–$40.916	–$41.734	–$42.569	–$43.420
Costos fijos		–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000
Leasing		–$15.000	–$15.000	–$15.000	–$15.000	–$15.000	–$15.000				
Depreciación construcción		–$5.000	–$5.000	–$5.000	–$5.000	–$5.000	–$5.000	–$5.000	–$5.000	–$5.000	–$5.000
Depreciación maquinaria		–$4.000	–$4.000	–$4.000	–$4.000	–$4.000	–$4.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000
Valor libro							–$16.000				
Utilidad		$26.000	$40.000	$44.200	$58.816	$60.872	$96.970	$74.109	$76.291	$78.517	$80.788
Impuesto		–$4.420	–$6.800	–$7.514	–$9.999	–$10.348	–$16.485	–$12.599	–$12.970	–$13.348	–$13.734
Utilidad neta		$21.580	$33.200	$36.686	$48.817	$50.524	$80.485	$61.511	$63.322	$65.169	$67.054
Depreciación construcción		$5.000	$5.000	$5.000	$5.000	$5.000	$5.000	$5.000	$5.000	$5.000	$5.000
Depreciación maquinaria		$4.000	$4.000	$4.000	$4.000	$4.000	$4.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000
Valor libro							$16.000				
Terreno	–$80.000										
Construcción	–$200.000										
Maquinaria	–$40.000						–$100.000				
Capital de trabajo	–$25.000	–$3.000	–$900	–$378	–$386	–$393	–$401	–$409	–$417	–$426	$31.710
Valor de desecho											$290.000
Flujo del inversionista	–$345.000	$27.580	$41.300	$45.308	$57.432	$59.131	$5.084	$76.101	$77.904	$79.744	$403.764

Nótese que se desembolsa una inversión inicial de solo $345.000 en circunstancias en que el proyecto utiliza activos valorados en $405.000. Esto se debe a que 60% de la inversión fija es financiada por la vía de un arrendamiento. Como se puede observar, la depreciación también disminuye en este caso, por cuanto el ahorro tributario del *leasing* se obtiene sobre el total de la cuota y únicamente el monto no financiado con *leasing* se deprecia para aprovechar el descuento tributario restante.

Cuando la inversión se financia con deuda, se aprovecha el ahorro tributario solamente de los intereses del préstamo (no sobre todo el servicio de la deuda que incluye, además, las amortizaciones de esa deuda) y de la depreciación de los activos comprados con dicho préstamo. Con el *leasing* se asume que, en este ejemplo, 60% de las máquinas es alquilado, por lo que se obtiene un ahorro tributario sobre el monto total de la cuota.

De acuerdo con lo anterior, la inclusión de los efectos tanto de la deuda como del *leasing* permite medir la rentabilidad de los recursos propios invertidos y no la rentabilidad del proyecto.

Por otra parte, cuando un proyecto es evaluado desde la perspectiva de la institución financiera que tiene que decidir si entrega los recursos solicitados en préstamo, se hace necesario considerar si el proyecto es capaz de generar los recursos suficientes para amortizar la deuda y para pagar los intereses que devengue, en los plazos y con las condiciones que se le definan.

Un proyecto puede ser rentable pero no tener capacidad de pago. Por ejemplo, cuando el valor de desecho, que no significa ingresos ni constituye liquidez para el negocio, es de una cuantía significativa, puede determinar una alta rentabilidad para el proyecto. Sin embargo, como el valor de desecho valora los activos que tendrá el proyecto al final de su periodo de evaluación o mide el valor del negocio, su monto no es un recurso disponible para enfrentar el pago del crédito recibido.

Cuando se evalúa un proyecto, para calcular tanto la rentabilidad de la inversión como la del inversionista, se deben incluir todos los beneficios. Cuando se mide la capacidad de pago, se deben excluir aquellos beneficios que no constituyan ingresos: el valor de desecho y la recuperación del capital de trabajo, cuando corresponda.

Si se acepta dar crédito a un proyecto que es rentable cuando se evalúa con todos sus beneficios, pero que no lo es cuando no se considera su valor de desecho, ello significa que la única forma de que se pague el crédito es con la venta del negocio. Difícilmente un banco otorgará un crédito para financiar un activo si la única forma de responder al crédito es vendiendo el activo, a menos que se demuestre la capacidad de pago recurriendo a otras fuentes de recursos distintas de las generadas solamente por el proyecto.

8.3 Situación base con proyecto e incremental

La estructura general de construcción de cualquier flujo de caja es la misma, cualquiera que sea el objeto de la inversión o la finalidad del estudio. Sin embargo, cuando el proyecto se evalúa para una empresa en marcha, se pueden presentar distintas situaciones que deben ser claramente comprendidas para poder emplear en forma correcta los criterios que incorporen las particularidades de cada una de esas situaciones.

Cuando se comparan proyectos con distintas vidas útiles, dos procedimientos destacan sobre el resto: evaluar todos los proyectos al plazo de término del que tiene la menor vida útil o calcular el costo anual equivalente de las opciones. En el primer caso, se asume que si el máximo tiempo que puede mantenerse una situación está dado por la opción de menor vida útil, la evaluación considerará la conveniencia de mantener esa opción por todo el resto de su vida útil o sustituirla hoy por otra. Es decir, si la empresa tuviera un equipo usado cuya vida útil es de cinco años más y su alternativa en el mercado tuviera una vida útil de ocho años, la evaluación supone que las opciones son cambiar hoy el equipo usado o hacerlo al cabo de cinco años, al término de su periodo esperado de uso[3].

El valor de desecho de la alternativa de mayor duración reflejará los beneficios adicionales que podrían esperarse de su mayor vida útil.

En el segundo caso, se supone que las opciones de distinta vida útil son repetibles en el largo plazo, por lo que calcular un flujo promedio anual en que se consideren los costos de inversión, operación y capital, así como los beneficios de operación y remanentes de la inversión, es equivalente a evaluar ambas en el muy largo plazo.

Cuando un proyecto mide la conveniencia de un reemplazo de activos, generalmente será irrelevante el cambio en los niveles de capital de trabajo para financiar la operación del negocio. Pero cada vez que se evalúe y sea una ampliación de la capacidad como la internalización de algún proceso de la empresa o el *outsourcing* o abandono de alguna actividad realizada internamente, se deberá incluir, según corresponda, el incremento o la disminución de la inversión mantenida en capital de trabajo.

Una primera forma de determinar la conveniencia de una inversión que genere un cambio respecto de una situación existente es la que se realiza mediante la proyección de dos flujos de caja cuyos resultados deben ser comparados: uno para lo que se denomina la situación base, o sin proyecto, y otro para la situación con proyecto.

En ambos casos, se deberá estimar el comportamiento del flujo de caja que efectivamente se espera que pueda ocurrir si se optara por seguir uno u otro curso de acción. Por ejemplo, si el proyecto evalúa la conveniencia de realizar un reemplazo

3 Un procedimiento distinto, que se expone en los siguientes capítulos, se utiliza para determinar el momento óptimo de la sustitución.

de alguna maquinaria, se deberá anotar, en el momento 0 (hoy) de la situación con proyecto, el beneficio dado por la posibilidad de la venta del equipo en uso y la inversión por la compra del sustituto. Por este concepto, sin embargo, no se deberá anotar ningún valor en la situación base, por cuanto ni se venderá el equipo actual ni se comprará uno nuevo.

Cuando las dos situaciones tienen variables comunes, estas podrán obviarse por ser irrelevantes para la decisión. Por ejemplo, si los ingresos son idénticos al elegir el sistema de transportes para la empresa, este ítem podrá omitirse en la situación base y en la situación con proyecto, y efectuar la comparación por el criterio de mínimo costo[4].

Una alternativa al criterio de comparar la situación base con la situación con proyecto es efectuar un análisis incremental, que, correctamente aplicado, debe conducir al mismo resultado. Por ejemplo, si con el criterio anterior correspondiera anotar en el flujo de caja de la situación base un costo de $1.000 por consumo de energía y en la situación con proyecto este ítem bajara a $800, en la construcción del flujo incremental se deberá anotar un beneficio de $200 por el ahorro de costos en el consumo de energía, si es que se ejecuta el proyecto.

De acuerdo con esto, el resultado de ambas alternativas debe no solo conducir a la misma decisión, sino también mostrar exactamente la magnitud monetaria de la diferencia de los resultados. Por ejemplo, si el resultado de la primera alternativa muestra un beneficio neto para la empresa de $10.000 en la situación base y de $13.000 para la situación con proyecto, en el análisis incremental, el resultado tendría que mostrar un beneficio neto de $3.000, que reflejaría en cuánto mejora (o empeora) la situación de la empresa si se ejecuta el proyecto. Con este criterio, si el resultado incremental fuese negativo en $4.000, no deberá interpretarse como una pérdida atribuible a si se hace el proyecto, sino a una baja comparativa de los beneficios por este monto.

El siguiente ejemplo muestra la forma de construir el flujo de caja mediante los dos procedimientos alternativos:

1. Comparando la situación base respecto de la situación con proyecto.

2. Mediante un análisis incremental.

Ejemplo 8.3

Suponga que una empresa está estudiando la posibilidad de cambiar el vehículo que actualmente usa por otro nuevo que permitiría la reducción de sus altos costos de mantenimiento y repuestos. Ambos vehículos prestan el mismo servicio, por lo que se considera que los beneficios directos no son relevantes para la decisión.

4 Este punto se analiza con más detalle en el Capítulo 13.

El vehículo actual se compró hace tres años en $1.000. Hoy tiene un valor de mercado de $500 y una vida útil de cinco años más, al cabo de los cuales tendrá un valor de mercado de $60. El costo de funcionamiento anual se estima constante en $400.

El nuevo vehículo tiene un valor de $1.200, pero permite reducir los costos de funcionamiento a solo $300.

Ambos vehículos se deprecian linealmente en un total de cinco años. El vehículo actual se ha revalorizado contablemente en el pasado; registra un valor libro actual de $440 y le restan dos años por depreciar. La tasa de impuesto a las utilidades es de 15%.

Considerando que el vehículo actual tiene una vida útil máxima de otros cinco años, se comparará la conveniencia de quedarse por ese periodo con el vehículo actual o con el nuevo. Si el activo nuevo tuviese una vida útil estimada de siete años, se debe calcular su valor de desecho al final del periodo de evaluación, ya que no se proyecta venderlo al final del quinto año. Para ello, suponga que se espera un valor de mercado de $320 si tuviese cinco años de uso.

En primer lugar, se construirá el flujo de caja de la situación base, según los cinco pasos siguientes.

1. **Ingresos y egresos afectos a impuestos:** se incluyen el ingreso por la venta del equipo actual al final de su vida útil y el egreso asociado al costo de funcionamiento.

2. **Gastos no desembolsables:** como el vehículo actual todavía tiene dos años por depreciar y su valor libro actual es de $440, deberá contarse una depreciación de $220 para cada uno de los primeros dos años, equivalente a 50% del valor libro revalorizado. Como al final del quinto año el vehículo está totalmente depreciado, su valor libro al momento de venderse será 0.

3. **Cálculo del impuesto:** en este caso, la utilidad del proyecto base arroja un resultado negativo por no haberse incluido los ingresos de la empresa, que, como se mencionó, son iguales para ambos vehículos y, por lo tanto, irrelevantes para la decisión. Por esto, no se considera el impuesto como 0, sino que se mide el ahorro tributario con que contribuye esta opción hacia el total de la empresa, al bajar la utilidad total de ella.

4. **Ajuste por gastos no desembolsables:** se anota con signo positivo la depreciación restada para calcular la utilidad contable y el impuesto, como una forma de anular su efecto por no constituir movimiento de caja. Si el vehículo hubiese tenido valor libro al momento de venderse, también debería sumarse para eliminar su efecto sobre el flujo.

5. **Ingresos y egresos no afectos a impuestos:** en este ejemplo, la situación base no requiere hacer nuevas inversiones. Tampoco existe valor de desecho del vehículo –por cuanto se consideró su venta al final de periodo de evaluación– ni se informa de cambios en la inversión en capital de trabajo.

El flujo de caja resultante para la situación base se muestra en la Tabla 8.5.

Tabla 8.5 ***Flujo de caja para situación base o sin proyecto***

	0	1	2	3	4	5
Venta de activos						$60
Costo de funcionamiento		–$400	–$400	–$400	–$400	–$400
Depreciación		–$220	–$220			
Valor libro						$0
Utilidad		–$620	–$620	–$400	–$400	–$340
Impuesto		$93	$93	$60	$60	$51
Utilidad neta		–$527	–$527	–$340	–$340	–$289
Depreciación		$220	$220			
Valor libro						$0
Flujo base		–$307	–$307	–$340	–$340	–$289

En la situación con proyecto, se observan los siguientes componentes del flujo de caja.

1. **Ingresos y egresos afectos a impuestos:** si se hace el reemplazo, se podrá vender el vehículo actual en $500. No se anota la venta del activo nuevo dentro de cinco años, debido a que lo más probable es que en esa oportunidad no se venda, por lo que se debe registrar como valor de desecho. El nuevo costo de funcionamiento baja, en esta alternativa, a $300 anuales.

2. **Gastos no desembolsables:** incluyen la depreciación anual del activo en cinco años y el valor libro del vehículo que se vende, el que corresponde a lo que le falta hoy por depreciar.

3. **Cálculo del impuesto:** el cálculo es similar al de la situación base, aunque en el momento 0 se observa un efecto tributario negativo por el aumento de las utilidades contables generado por la venta del vehículo.

4. **Ajuste por gastos no desembolsables:** se sigue el mismo procedimiento que para la situación base.

5. **Ingresos y egresos no afectos a impuestos:** incluyen el valor de la inversión de reposición en el momento 0 y el valor de desecho, o valor remanente de la inversión, que se calculó por método comercial de la siguiente forma.

Venta de activos	$320
Valor libro	$0
Utilidad	$320
Impuesto (15%)	–$48
Utilidad neta	$272
Valor libro	$0
Valor de desecho	$272

En este caso, no es conveniente aplicar el método contable, ya que la vida útil contable de los vehículos difiere mucho de la vida útil real, por lo cual se distorsionan los resultados. En este ejemplo, ambos vehículos tienen un valor libro de 0 al final del quinto año; sin embargo, mientras que el vehículo actual no tendrá uso alternativo al cabo de ese periodo, al vehículo nuevo le restarán todavía dos años más de vida. Obviamente, en ese momento, ambos activos no pueden tener el mismo valor.

El método del valor de desecho económico tampoco se puede aplicar, ya que al excluir los ingresos, por considerarlos irrelevantes para la decisión, se trabaja con flujos negativos que hacen imposible valorar el remanente de la inversión actualizando costos.

El flujo resultante para la situación con proyecto se expone en la Tabla 8.6.

Tabla 8.6 ***Flujo de caja con proyecto***

	0	1	2	3	4	5
Venta de activos	$500					
Costo de funcionamiento		–$300	–$300	–$300	–$300	–$300
Depreciación		–$240	–$240	–$240	–$240	–$240
Valor libro	–$440					
Utilidad	$60	–$540	–$540	–$540	–$540	–$540
Impuesto	–$9	$81	$81	$81	$81	$81
Utilidad neta	$51	–$459	–$459	–$459	–$459	–$459
Depreciación		$240	$240	$240	$240	$240
Valor libro	$440					
Inversión	–$1.200					
Valor de desecho						$272
Flujo con proyecto	–$709	–$219	–$219	–$219	–$219	$53

Nótese que si en vez de anotar un valor de desecho de $272, se hubiese incluido en el flujo un valor de venta del activo de $320 antes de impuestos en el momento 5, el resultado seguiría siendo de $53. Sin embargo, debe anotarse como valor de desecho porque no constituirá parte de los ingresos que permiten medir la capacidad de pago.

De la medición de la rentabilidad de ambas opciones, de acuerdo con el criterio del valor actual de los costos que se describe en el Capítulo 9, se concluirá cuál es la más conveniente. En este caso, se optará por la menos negativa de las dos.

Una forma alternativa de llegar a la misma información de apoyo a la decisión es construir directamente un flujo de caja incremental.

Para ello, se debe incluir la variación ocasionada en cada ítem presupuestado en el flujo por la eventual aprobación del proyecto de sustitución, siguiendo también los cinco pasos anteriores.

1. **Ingresos y egresos afectos a impuestos:** se deben incluir con signo positivo el mayor ingreso por la venta del vehículo actual en el momento 0 y el menor ingreso presupuestado al final del quinto año por dejar de venderse el activo ese año. Se agrega con signo positivo el ahorro o la reducción de los costos de funcionamiento que permite trabajar con un vehículo nuevo.

2. **Gastos no desembolsables:** incluyen la variación esperada en la depreciación y en el valor libro. Respecto de la depreciación, el nuevo vehículo permite a la empresa incrementar este gasto en $20 cada uno de los dos primeros años y en $240 del tercero al quinto. El valor libro va con signo negativo en el momento 0 y, si hubiese sido distinto de 0, con signo positivo en el momento 5. Esto debe ser así porque, al igual que se anotó lo que se deja de percibir por la venta del vehículo, se debe incorporar el efecto tributario que se deja de ahorrar por no rebajar el valor libro de las utilidades contables presupuestadas para la empresa.

3. **Cálculo del impuesto:** se procede de igual manera que en los casos anteriores.

4. **Ajuste por gastos no desembolsables:** se reversan los gastos no desembolsables por no constituir movimientos de caja. Nótese que si el vehículo actual se hubiese reemplazado por otro más pequeño y de menor valor, la depreciación anual podría haber disminuido. Si así fuese, habría que considerar un ahorro de depreciación con signo positivo antes de impuestos y, por lo tanto, tendría signo negativo en la etapa de ajuste por gastos no desembolsables. El valor libro también se anula cambiando su signo después de impuestos. En este caso, va con signo positivo en el momento 0 y con signo negativo en el momento 5 si hubiese tenido un valor distinto de 0.

5. **Ingresos y egresos no afectos a impuestos:** incluyen la inversión inicial que determina la opción de hacer el reemplazo y su valor remanente al final del periodo de evaluación.

El resultado del flujo incremental se muestra en la Tabla 8.7.

Tabla 8.7 ***Flujo de caja incremental***

	0	1	2	3	4	5
Venta de activos	$500					–$60
Costo de funcionamiento		$100	$100	$100	$100	$100
Depreciación		–$20	–$20	–$240	–$240	–$240
Valor libro	–$440					$0
Utilidad	$60	80	80	–$140	–$140	–$200
Impuesto	–$9	–$12	–$12	$21	$21	$30
Utilidad neta	$51	$68	$68	–$119	–$119	–$170
Depreciación		$20	$20	$240	$240	$240
Valor libro	$440					
Inversión	–$1.200					
Valor de desecho						$272
Flujo incremental	–$709	$88	$88	$121	$121	$342

Como se puede observar a continuación, en la Tabla 8.8, la diferencia entre los flujos de caja de la situación base y la situación con proyecto coincide con el flujo de caja del análisis incremental. Como se verá más adelante, la rentabilidad de la inversión incremental corresponde a la diferencia de las rentabilidades de las opciones analizadas.

Tabla 8.8 ***Comparación de flujos con y sin proyecto* versus *flujo incremental***

	0	1	2	3	4	5
Proyecto	–$709	–$219	–$219	–$219	–$219	$53
Base		–$307	–$307	–$340	–$340	–$289
Incremental	–$709	$88	$88	$121	$121	$342

8.4 Flujo de caja para una desinversión

Un caso particular de evaluación en empresa en marcha lo constituyen los proyectos de desinversión, que consisten, como su nombre lo indica, en medir la conveniencia de liquidar parte de las inversiones, ya sea porque se estima que es un mal negocio (abandono) o porque existe otra opción más rentable (*outsourcing*) para mantener el nivel de operación, pero bajo otra estructura de costos.

La construcción de flujo de caja para esta situación confunde con frecuencia a quienes evalúan una opción de desinversión elaborando directamente un flujo incremental, debido a que los costos aparecen como beneficios (menor producción con ahorros de costos); los ingresos, con signo negativo (menores ventas); las depreciaciones, con signo positivo, y el valor de desecho, como negativo, entre otros. El siguiente ejemplo explica estas situaciones y cómo proceder correctamente.

Ejemplo 8.4

Suponga que una empresa adquirió hace dos años una maquinaria capaz de producir 10.000 unidades anuales de un producto, para enfrentar una proyección original de ventas de 9.200 unidades. Sin embargo, no ha logrado posicionarse en el mercado, lo que se ha traducido en que ha alcanzado niveles de ventas que se han consolidado en solo 4.600 unidades por año, con un precio unitario de $54. Los diferentes estudios del mercado indican que será muy difícil superar este nivel en el futuro.

Por esta razón y porque es imposible utilizar la capacidad ociosa de la maquinaria en otro uso alternativo, se ha decidido evaluar la conveniencia de vender este activo y sustituirlo por otro de menor capacidad y con una vida útil de solo cinco años, plazo en que la empresa reevaluará continuar con este producto en el mercado. Los proveedores de maquinaria ofrecen un equipo alternativo que permite producir 4.500 unidades por año, lo que obligaría a reducir las ventas en 100 unidades en caso de aceptarse la sustitución.

El equipo actual se compró en $120.000. Hoy tiene un valor de mercado, como activo usado, de $80.000. Su vida útil restante se estima en ocho años y se proyecta un precio de venta, en cinco años más, de solo $15.000. En estos dos años, no ha sido revalorizado contablemente. El costo de operación observado históricamente está constituido por:

Materiales:	$8,2 por unidad
Mano de obra directa:	$4,1 por unidad
Costo fijo de fabricación:	$20.800 por año

El equipo nuevo tiene un valor de $70.000 y se calcula que al final de su vida útil de cinco años podrá ser vendido en $18.000. Se estima, asimismo, que esta máquina podrá trabajar con costos fijos de fabricación de solo $18.600 anuales, debido al menor

gasto en seguros, mantenimiento y otros. No se esperan cambios en los costos variables de producción, ya que se estima que no habrá economías ni deseconomías de escala. Tampoco se considera que podrá impactar sobre otros costos del resto de la empresa, como los de administración y ventas, ya que este producto es marginal dentro de toda la gama que se elabora actualmente.

Ambos equipos se pueden depreciar contablemente en 10 años, independientemente del tiempo que la empresa desee quedarse con ellos. Los impuestos a las utilidades ascienden a 15%.

La empresa mantiene una inversión en capital de trabajo equivalente a cuatro meses de costos variables, y exige aplicar este estándar a todos los proyectos que se evalúan en ella.

De acuerdo con esta información, el flujo de caja incremental toma la forma que muestra la Tabla 8.9.

Tabla 8.9 ***Flujo incremental para un proyecto de desinversión***

	0	1	2	3	4	5
Ingresos		−$5.400	−$5.400	−$5.400	−$5.400	−$5.400
Venta de activos	$80.000					$18.000
Ahorro de costos variables		$1.230	$1.230	$1.230	$1.230	$1.230
Ahorro de costos fijos		$2.200	$2.200	$2.200	$2.200	$2.200
Depreciación		$5.000	$5.000	$5.000	$5.000	$5.000
Valor libro	−$96.000					−$35.000
Utilidad	−$16.000	$3.030	$3.030	$3.030	$3.030	−$13.970
Impuesto	$2.400	−$455	−$455	−$455	−$455	$2.096
Utilidad neta	−$13.600	$2.576	$2.576	$2.576	$2.576	−$11.875
Depreciación		−$5.000	−$5.000	−$5.000	−$5.000	−$5.000
Valor libro	$96.000					$35.000
Inversión	−$70.000					
Capital de trabajo	$410					−$410
Valor de desecho						−$18.150
Flujo incremental	$12.810	−$2.425	−$2.425	−$2.425	−$2.425	−$435

Los ingresos de $5.400 negativos durante los cinco años se explican por la menor venta de 100 unidades anuales, ocasionada por la incapacidad de la nueva máquina para mantener las ventas actuales.

Si se hace la sustitución, la empresa podría vender hoy el equipo viejo en $80.000 y el nuevo, al final de su vida útil real de cinco años, en $18.000. Como el primero costó $120.000 y se deprecia en 10 años, su valor libro corresponde a los ocho años que falta por depreciar, es decir, ocho veces $12.000, lo que da $96.000. Por otra parte, el equipo nuevo se vendería justo en la mitad de su periodo de depreciación, por lo que su valor libro correspondería a 50% de los $70.000 de su precio de compra, o sea, $35.000.

Al disminuir la producción en 100 unidades, la empresa deja de gastar $12,3 de costo variable por unidad ($1.230 anuales) y ahorra $2.200 de costo fijo. Ambos ahorros se consideran como beneficios y van con signo positivo en el flujo.

La depreciación aparece en este caso con signo positivo antes de impuestos, por cuanto al liberar la empresa un activo de mayor valor y sustituirlo por otro de menor precio, se reduce el monto de la depreciación anual en $5.000. La depreciación actual es de $12.000 y la del nuevo equipo es de solo $7.000.

El impuesto con signo positivo en el momento 0 se explica porque la venta de la máquina actual con pérdidas contables hará disminuir la utilidad total de la empresa en $16.000, permitiéndole bajar el impuesto a pagar en $2.400 (15% de los $16.000). Lo mismo sucederá con el equipo nuevo cuando se venda en cinco años.

Como la depreciación se sumó antes de impuestos y no constituye ingreso, se resta para eliminar su impacto en el cálculo del flujo de caja. Al reducir su nivel de actividad, la empresa va a requerir menos capital de trabajo, por lo que se pueden recuperar anticipadamente $410, que se determinan como 4/12 de la disminución de los costos variables. Nótese que en el momento 5 aparece el mismo valor con signo negativo, indicando, de esta manera, que al hacer el proyecto se reduciría la recuperación del capital de trabajo pronosticado para el final del horizonte de evaluación.

Por último, el valor de desecho también aparece con signo negativo y corresponde al menor valor futuro que tendría el remanente de la inversión. Si no se hace el proyecto, el activo actual seguiría en la empresa al término del periodo de evaluación y aún le quedarían tres años por depreciar. Si se estima un precio de venta de $15.000 y su valor libro es de $36.000 (tres años por la depreciación anual de $12.000), el equipo se podría vender con una pérdida contable de $21.000, lo que posibilitaría reducir las utilidades globales de la empresa en ese monto y bajar los impuestos en la proporción de 1% correspondiente. Es decir, habría un ingreso de $15.000 que pagaría el comprador, al que debe sumarse el ahorro tributario que obtendría la empresa ($3.150), lo que permitiría estimar que, si no se hace el proyecto, el valor de desecho esperado alcanzaría los $18.150. Como al hacer el proyecto se incluye el ingreso por su venta en el momento 0, para ser consistente en el análisis, se debe considerar la reducción en el valor de desecho ocasionado por la venta anticipada de un activo que la empresa deja de tener por esa razón.

Sobre el flujo resultante se deberá hacer la evaluación, aplicando los modelos que se exponen en el Capítulo 9, para determinar la conveniencia de efectuar la desinversión.

Otras situaciones típicas de desinversión se dan cuando la empresa evalúa vender el edificio donde funcionan las oficinas para optar por alquilarlas, comprar insumos en vez de fabricarlos o, como ya se mencionó, externalizar algún servicio que realiza internamente.

8.5 Economías y deseconomías de escala

En los flujos anteriores, se ha supuesto que las estructuras de costos no cambian ante variaciones en los niveles de actividad. Como se mencionó en el Capítulo 4, no es correcto suponer que los costos fijos pueden permanecer constantes siempre, sino solo dentro de ciertos niveles de la escala de producción. De la misma manera, el costo variable de algunos insumos crecerá a medida que crezca la actividad (deseconomías de escala), mientras que otros se mantendrán y otros se reducirán (economías de escala).

Para incorporar estos cambios y dejar preparado el flujo para una sensibilización en distintos escenarios, se debe incluir la función condicional **SI** del Excel. Si bien todas las variables pueden ser tratadas condicionalmente, a continuación se explican los tres casos más comunes.

1. Los costos fijos cambian por tramos de producción. Por ejemplo, si hasta 400 unidades anuales el costo fijo es de $30.000, entre 401 y 700 sube a $40.000 y sobre ese nivel llega a $44.000, la función condicional debe ser capaz de dar la siguiente instrucción:

- Si la cantidad es menor o igual a 400, entonces el costo fijo es de −$30.000.
- Si la cantidad es mayor que 401 y menor o igual a 700, entonces el costo fijo es de −$40.000.
- Si no, el costo fijo es de −$44.000.

Suponiendo que la producción proyectada para los 10 años de evaluación del proyecto es la que aparece en la segunda fila de la hoja Excel siguiente, la función condicional de la celda B4 se debe escribir como:

=SI(B2<=400;−30000;SI(B2<=700;−40000;−44000))

Copiando la fórmula hasta el décimo año, en la hoja Excel debe aparecer:

C4 =SI(C2<=400;-30000;SI(C2<=700;-40000;-44000))

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	Producción		300	375	450	495	545	599	659	725	797	877
3												
4	Costo fijo		-30.000	-30.000	-40.000	-40.000	-40.000	-40.000	-40.000	-44.000	-44.000	-44.000

2. Los costos variables pueden tener economías o deseconomías de escala que afecten a todas las unidades o solo a las marginales. Por ejemplo, si hasta cierto número de unidades se debe comprar a minoristas y sobre ese nivel pueden adquirirse todos los insumos a un mayorista, se procede de la misma manera que como se explicó para los costos fijos. Sin embargo, cuando la economía o la deseconomía de escala solo afecta a las unidades incrementales –por ejemplo, si hasta 500 unidades es posible abastecerse en el mercado local, donde el insumo cuesta $80, y sobre esa cantidad debe abastecerse en zonas más lejanas donde el flete hace subir el costo variable a $85–, la función condicional debe escribirse como:

=SI(C2<=500;C2*−80;500*−80+(B2−500)*−85)

Copiando la fórmula hasta el décimo año, en la hoja Excel debe aparecer:

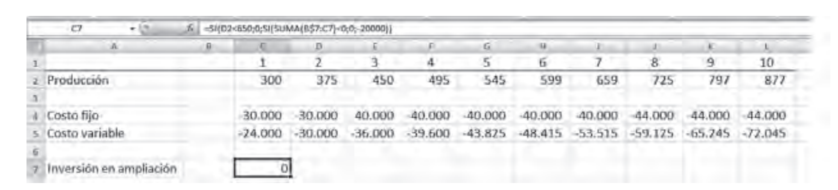
C5 =SI(C2<=500;C2*-80;500*-80+(C2-500)*-85)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Producción	300	375	450	495	545	599	659	725	797	877
Costo fijo	-30.000	-30.000	-40.000	-40.000	-40.000	-40.000	-40.000	-44.000	-44.000	-44.000
Costo variable	-24.000	-30.000	-36.000	-39.600	-43.825	-48.415	-53.515	-59.125	-65.245	-72.045

3. Las inversiones deben incrementarse sobre cierto nivel de actividad. Por ejemplo, si la inversión inicial solo permite producir hasta 650 unidades, el flujo debe contemplar la necesidad de hacer nuevas inversiones si se estima producir por sobre ese nivel. Por ejemplo, si para producir más de 650 unidades se deben adicionar activos por $20.000, la función condicional debe tener, en la primera columna, la forma:

=SI(D2<650;0;SI(SUMA(B$7:C$7)<0;0;-20000))

En la hoja Excel, debe aparecer:



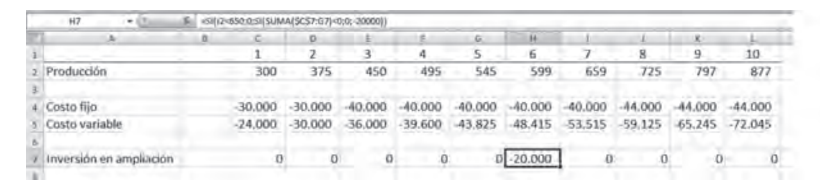
C7 =SI(D2<650;0;SI(SUMA(B$7:C7)<0;0;-20000))

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Producción	300	375	450	495	545	599	659	725	797	877
Costo fijo	30.000	-30.000	40.000	-40.000	-40.000	-40.000	-40.000	-44.000	-44.000	-44.000
Costo variable	-24.000	-30.000	-36.000	-39.600	-43.825	-48.415	-53.515	-59.125	-65.245	-72.045
Inversión en ampliación	0									

Para la celda D7, la función condicional debe escribirse como:

=SI(I2<650;0;SI(SUMA($C$7:G7)<0;0;-20000))

Copiando la fórmula hasta el décimo año, en la hoja Excel debe aparecer:



H7 =SI(I2<650;0;SI(SUMA($C$7:G7)<0;0;-20000))

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Producción	300	375	450	495	545	599	659	725	797	877
Costo fijo	-30.000	-30.000	-40.000	-40.000	-40.000	-40.000	-40.000	-44.000	-44.000	-44.000
Costo variable	-24.000	-30.000	-36.000	-39.600	-43.825	-48.415	-53.515	-59.125	-65.245	-72.045
Inversión en ampliación	0	0	0	0	0	-20.000	0	0	0	0

8.6 Alquilar o comprar

La decisión de comprar o alquilar las instalaciones de la empresa está asociada a consideraciones muy distintas en la construcción del flujo de caja del proyecto. Mientras que la primera obliga a un desembolso inicial fuerte, a menores egresos posteriores, a un efecto tributario basado en la depreciación futura del activo comprado y a incluir el valor de desecho al término del periodo de evaluación, la segunda se asocia básicamente al egreso del canon de alquiler y su efecto tributario.

Existen, sin embargo, situaciones donde las opciones de compra o alquiler no corresponden a activos comparables, con lo que se ven afectados los ingresos generados por la mayor o la menor actividad vinculada con cada opción, ya sea por sus tamaños o por la localización de las alternativas.

En otros casos, la decisión se verá afectada por la disponibilidad de recursos, su uso alternativo o la búsqueda de una situación que permita flexibilizar la decisión si cambian las condiciones a futuro.

Desde un punto de vista estrictamente económico, la evaluación se puede hacer determinando en cuánto mejora o empeora la situación del proyecto si la empresa decide comprar en vez de alquilar sus instalaciones.

Ejemplo 8.5

Una empresa que busca extender su cadena de discotecas a la principal ciudad de la costa del país debe resolver entre alquilar un local que funcionaba como restaurante o comprar las instalaciones de una antigua discoteca. Su proyecto es solo a cinco años, pues estima que la juventud cambia sus preferencias a locales de moda cada cierto tiempo. Por ello, al cabo de cinco años se considera como escenario más probable el de la venta de la propiedad.

El local para alquilar está valorado en $16.000, tiene un derecho de llave de $1.500 y el monto de alquiler asciende a $270 mensuales. El contrato se deberá firmar por cinco años. El dueño informó que los gastos generales del local, como agua, luz y teléfono, entre otros, alcanzan los $20 mensuales, que los gastos de mantenimiento son de aproximadamente $15 mensuales y que el seguro contratado tiene una prima anual de $850. Este local tiene estacionamientos que se incluyen en el valor del alquiler. Si se opta por dicho local, se deberá considerar un monto de $1.800 para efectuar un conjunto de remodelaciones que demorarían dos meses, monto que será cancelado contra avance de la obra a los contratistas en pagos idénticos. Se convino con el dueño del local que la remodelación correría por cuenta de él, pero el alquiler aumentaría en $15 mensuales. El contrato comenzaría a regir una vez finalizadas las obras de remodelación. Asimismo, el contrato de alquiler obligaría al locatario a pagar las contribuciones de dicho contrato, mientras este dure.

Por otra parte, el local que se podría comprar tiene dimensiones y ubicación similares a las del local anterior, por lo que la operatoria del negocio no debería sufrir mayores modificaciones y no existirían efectos sobre la demanda o los ingresos. Su precio es de $19.000, que deben ser cancelados al inicio de las obras de remodelación, que demorarían también dos meses e implicarían dos pagos contra estado de avance de $1.000 cada uno. El valor de salvamento de este local se estima equivalente a su valor contable al final del horizonte de evaluación definido en cinco años, producto de la imposibilidad de pronosticar algo distinto a este respecto. El seguro que se debería contratar tiene una prima de $600 al año, mientras que los gastos generales se estiman en $25 mensuales y los gastos de mantenimiento se estiman en $15, asimismo mensuales. Este local no posee estacionamientos, pero se tendría la posibilidad de alquilar a una universidad colindante sus estacionamientos durante las noches, por $250 al año.

En ambos casos, el valor fiscal sobre el cual se pagan las contribuciones (impuesto territorial o impuesto patrimonial, si corresponden) al Estado por el bien inmueble es equivalente al valor de mercado del bien, estimándose un incremento de este valor en 2% anual. Las contribuciones alcanzan a 2% del valor fiscal y se pagan una vez al año. La autoridad tributaria fija la depreciación de activos en 10 años, la amortización de los activos nominales o intangibles (derecho de llave) en tres años y los impuestos a las utilidades en 15%.

La Tabla 8.10 muestra el resultado del flujo incremental si se opta por comprar en vez de alquilar. Nótese que, en este caso, se asumen todos los costos y beneficios de comprar y se evitan todos los vinculados con alquilar, lo que es similar a construir y comparar los flujos de caja de la opción de comprar con los de la opción de alquilar.

El ahorro de costos de alquiler se calcula por la diferencia entre pagar 12 veces $285 al año por el alquiler y el mantenimiento o una vez $250 por los estacionamientos. Los gastos generales aumentan de $20 a $25 mensuales, lo que significa al año un mayor costo de $60 si se opta por comprar. Los seguros disminuyen de $850 a $600, con lo que se obtendría un ahorro anual de $250. Las contribuciones aumentan de 2% de los $16.000, que por contrato se obliga a pagar el arrendatario, a 2% de los $19.000 de la compra de la propiedad. En los años siguientes, se consideró un incremento de 2% real en el valor de las propiedades. Si se compra la propiedad, la empresa podrá aprovechar el beneficio tributario de la depreciación, la que se calcula dividiendo el total de las inversiones ($21.000) en los 10 años de depreciación. Al comprar, la empresa deja de aprovechar el gasto contable que permitiría el derecho de llave, por lo que aparece con signo positivo su menor amortización, la que se calcula dividiendo en tres años los $1.500 que se habrían tenido que pagar por él si se hubiera alquilado el local. Si se compra la propiedad, al final del quinto año tendrá un valor de venta equivalente a su valor libro, $10.500, que corresponde al saldo por depreciar (50% de la inversión).

Tabla 8.10 ***Flujo de caja incremental entre comprar o alquilar***

Flujo	0	1	2	3	4	5
Ahorro del alquiler		$3.170	$3.170	$3.170	$3.170	$3.170
Ahorro de gastos alquiler		–$60	–$60	–$60	–$60	–$60
Ahorro en seguros		$250	$250	$250	$250	$250
Venta local						$10.500
Mayores contribuciones		–$60	–$61	–$62	–$64	–$65
Mayor depreciación		–$2.100	–$2.100	–$2.100	–$2.100	–$2.100
Menor amortización		$500	$500	$500		
Valor libro local						–$10.500
Utilidad		$1.700	$1.699	$1.698	$1.196	$1.195
Impuesto		–$255	–$255	–$255	–$179	–$179
Utilidad neta		$1.445	$1.444	$1.443	$1.017	$1.016
Ajuste de la depreciación		$2.100	$2.100	$2.100	$2.100	$2.100
Ajuste de la amortización		–$500	–$500	–$500		
Ajuste del valor libro						$10.500
Compra del local	–$19.000					
Aumento del costo de remodelación	–$200					
Ahorro del derecho de llave	$1.500					
Flujo	–$17.700	$3.045	$3.044	$3.043	$3.117	$13.616

Siguiendo los procedimientos ya explicados, se calculan la utilidad antes de impuestos, el impuesto y la utilidad neta. Posteriormente, se anula el efecto de los gastos que no constituyen movimientos de caja sumando el valor libro y la depreciación, y restando el derecho de llave.

Como último paso, se anotan los costos y beneficios que no están afectos a impuestos: la compra del local en $19.000 y el mayor gasto por remodelación, que asciende a $200. Como la compra evita pagar $1.500 de derecho de llave, esta cifra se anota con signo positivo para expresar el ahorro que se logra en este ítem.

8.7 Inflación

Aunque la mayoría de los textos presentan teóricamente las diferentes formas de incluir la inflación en los flujos de caja, existen varias razones que explican por qué se omite en este texto:

- Los proyectos de inversión se evalúan en periodos largos de tiempo (10 años, generalmente), y la posibilidad de estimar la variación anual del índice de precios al consumidor (IPC) es casi 0.
- Si se pudiese determinar la inflación anual, el IPC representa la variación de precios de una canasta de bienes de consumo familiar, la cual solo por coincidencia será representativa de la estructura de costos y beneficios particulares del proyecto. Esto obligaría a calcular la variación en los precios relativos de cada ítem de costo e ingreso. Calcular la variación de costos relativos de cada uno de los componentes del proyecto tiene, generalmente, un costo mucho mayor que el beneficio de conocerlo.
- Muchos costos, al variar por efectos inflacionarios, son fácilmente transferibles a precios (si sube el precio del insumo trigo, sube el precio del producto harina), por lo que los cambios en los precios relativos solo afectan a algunos componentes del flujo.
- Al aplicar una tasa de inflación (aunque varíe cada año) tanto a los flujos como a la tasa de descuento para transformar los valores reales en nominales, su efecto se elimina por la simplificación matemática entre el numerador y el denominador.

Algunos autores plantean la necesidad de incorporar la inflación estimada, argumentando que la depreciación de los activos permanece constante aun cuando exista inflación. Esto no es correcto, por cuanto en la mayoría de los países la normativa tributaria establece que los activos fijos se corrigen monetariamente por inflación y luego se deprecian. Y si no fuese así, su impacto sigue siendo poco relevante, por cuanto el valor de la depreciación no es movimiento de caja, sino solo su efecto tributario. Es decir, donde no se haga la corrección monetaria, el flujo cambia en el equivalente a la tasa de impuesto a las utilidades aplicada a la diferencia entre el valor real y el nominal de la depreciación. En otras palabras, al no incluir la inflación para calcular la depreciación, su monto sería más bajo que lo real, por lo que reduciría las utilidades contables en menor medida, haciendo que el ahorro tributario de la depreciación sea menor. Difícilmente un inversionista aceptará un proyecto si lo que lo hace rentable es el efecto tributario de la variación en la depreciación anual por efecto de la inflación.

Por otra parte, debido a que hay activos que no se deprecian, como los terrenos, los activos fijos en etapa de construcción o los activos comprados que no hayan sido instalados, el efecto tributario de la inflación sobre la depreciación de los activos es generalmente poco relevante.

Cuando se construye el flujo de caja del inversionista y la deuda ha sido adquirida con tasa nominal no reajustable, el efecto inflacionario puede tener un impacto relevante, dependiendo del monto del préstamo, del plazo en que debe pagarse, de la tasa de interés cobrada (siempre la institución financiera la castiga para enfrentar el riesgo de la inflación) y de la tasa de inflación. En este caso, una tasa nominal tendría efectos positivos sobre la rentabilidad del proyecto por el menor gasto relativo del pago de los intereses y la amortización de la deuda, y uno negativo por el menor ahorro tributario, también en términos relativos, de los intereses.

De igual manera que lo señalado para la depreciación, es muy difícil que algún inversionista esté dispuesto a asignarle recursos a un proyecto cuyo VAN negativo pasa a positivo solo por el efecto de la inflación futura.

Sin embargo, como los proyectos sí enfrentarán condiciones inflacionarias, en el Capítulo 10 se explica que, trabajando con todos los datos en moneda constante, se puede determinar cuáles son los ítems de la estructura del flujo que, al variar, se correlacionan más con el cambio en la rentabilidad del proyecto. Normalmente, estas variables serán solo dos o tres, por lo que bastaría con sensibilizar el proyecto para analizar el impacto de una eventual variación relativa de sus costos y beneficios. Esta sensibilidad, muy fácil de hacer, permite concentrar los esfuerzos del evaluador en analizar los cambios en los precios relativos posibles, únicamente de aquellas variables que incidirían en la rentabilidad de la inversión.

Preguntas y problemas

8.1 ¿Qué información debe incluirse en cada momento o columna de un flujo de caja?

8.2 Explique por qué el flujo de caja debe incluir gastos que no constituyen egresos.

8.3 Explique el concepto de horizonte de evaluación y su relación con el ciclo de vida real del proyecto.

8.4 Enuncie las cinco etapas básicas para la construcción de un flujo de caja y explique brevemente en qué consiste cada una de ellas.

8.5 ¿En qué casos la depreciación antes de impuestos puede ir con signo positivo?

8.6 ¿Qué diferencia existe entre la vida útil del proyecto y su horizonte de evaluación?

8.7 Explique por qué el calendario de inversiones puede incluir ítems que no constituyen inversiones.

8.8 ¿Qué correcciones deben hacerse al flujo de caja del proyecto para transformarlo en el flujo de caja del inversionista?

8.9 Explique el concepto de *leasing* financiero.

8.10 ¿Qué son los intereses diferidos por *leasing*?

8.11 ¿Qué diferencia un flujo de caja que considera la compra de activos con deuda de aquel que lo hace con *leasing*?

8.12 Explique el concepto de flujo incremental.

8.13 ¿Qué diferencia existe entre los flujos incremental y diferencial?

8.14 ¿Cómo debe incluirse en un flujo de caja incremental el valor de desecho de un proyecto de desinversión?

8.15 ¿Cómo se afecta la inversión en capital de trabajo cuando el proyecto contempla ampliaciones en su nivel de operación?

8.16 ¿Cómo se afecta la inversión en capital de trabajo cuando el proyecto contempla disminuciones en su nivel de operación?

8.17 Explique cómo se determina el horizonte de evaluación en un proyecto de creación de un nuevo negocio.

8.18 Explique cómo se determina el horizonte de evaluación en un proyecto de reemplazo donde existe flexibilidad para sustituir el activo en cualquier momento.

8.19 Explique cómo se determina el horizonte de evaluación en un proyecto de reemplazo donde no existe flexibilidad para sustituir el activo en cualquier momento.

8.20 Analice la diferencia que se observa en dos flujos de caja que miden, respectivamente, la rentabilidad del inversionista al financiar parte de la inversión con deuda y al financiarla con *leasing*.

8.21 ¿Puede un proyecto ser rentable y no tener capacidad de pago?

8.22 ¿Puede un proyecto no ser rentable y tener capacidad de pago?

8.23 ¿Qué razones hacen no aconsejable incluir la inflación en los flujos de caja?

8.24 ¿En qué caso la inflación puede afectar al resultado de la rentabilidad del proyecto?

8.25 ¿Cómo cambia la rentabilidad del proyecto cuando los activos no pueden ajustarse por corrección monetaria?

8.26 ¿Qué efectos sobre el flujo de caja del inversionista tienen los cambios inflacionarios si la deuda fue contraída a tasas nominales?

8.27 Para la evaluación de un proyecto de evacuación de residuos mediante la instalación de tuberías, se ha elaborado una carta Gantt con las tareas previas a su puesta en marcha a realizar. Con la información que muestra la tabla siguiente, determine el valor capitalizado de la inversión al momento 0 del flujo de caja del proyecto, si la tasa anual de descuento que emplea la empresa es de 18%.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Instalación de faenas	$136										
Movimiento de tierras		$200	$140	$140							
Obras civiles			$315	$315	$330	$360	$400				
Compra de acueductos		$980									
Montaje de acueductos						$110		$170			
Supervisión de faenas	$120	$120	$120	$120	$120	$120	$120	$120	$120	$120	$120
Sellado de tuberías									$890		
Alquiler de maquinarias		$70	$70	$70	$70	$70	$70	$70	$70		
Seguros		$1	$20	$20	$20	$20	$20	$20	$20	$20	$20
Nivelación de terrenos											$220
Pruebas										$60	$60
Puesta en marcha									$632	$632	$632

8.28 Una empresa evalúa la conveniencia de ampliarse, para lo cual está considerando tres opciones:

a. Invertir hoy $6.000 en una máquina que cubre las necesidades actuales y proyectadas de producción.

b. Invertir hoy en una máquina pequeña de $4.000 y suplementarla con otra máquina igual y del mismo valor dentro de cuatro años más para que, entre ambas, puedan enfrentar los requerimientos de ampliación de la producción.

c. Comprar la máquina pequeña hoy y sustituirla por la primera en cuatro años más.

Si el valor de desecho de la máquina grande es de $700 al cabo de ocho años del horizonte de evaluación y si la pequeña tiene un valor de desecho de $800 con cuatro años de uso y de $500 con ocho años, elabore los flujos de caja básicos para comparar estas tres alternativas con la opción de ampliar. Suponga que todas las máquinas se deprecian en 10 años, que la tasa de impuesto es de 15% y que los costos de producción son los mismos, cualquiera que sea la máquina que se utilice.

8.29 Determine el flujo de caja del primer año de un proyecto si los ingresos anuales son de $10.000 y los egresos son de $4.000, si la tasa de impuesto es de 10%, si los activos fijos tienen un valor de $20.000 y se deprecian en 10 años –salvo la construcción, que tiene un costo de $30.000 y se deprecia en 30 años–, y si los activos intangibles (costo del estudio: $2.000; gastos de puesta en marcha: $3.000) se amortizan en cinco años.

8.30 Una empresa encarga construir los flujos de caja para evaluar la conveniencia de sustituir un equipo que se compró hace seis años en $12.000.000 y que hoy tiene un valor de venta en el mercado de $4.000.000. Su vida útil restante es de seis años más, al cabo de la cual se podrá vender en $1.000.000. Sus costos de operación se suponen constantes en $3.000.000 anuales. Este equipo no ha sido revalorizado en el pasado.

El equipo nuevo requiere invertir $15.000.000 y tiene una vida útil de 10 años, al término de la cual se podrá vender en $2.500.000. Su costo de operación anual es de $2.300.000. Ambos activos se deprecian en un total de 10 años. La tasa de impuesto a las utilidades es de 15%. Con esta información, construya el flujo de caja para un horizonte de evaluación de seis años, justificando el valor que asigne al equipo nuevo al final del periodo de evaluación.

8.31 Un local de expendio de refrescos compró hace cinco años un congelador en $28.000. Su valor libro actual es de $12.000 y le restan cinco años de vida contable, donde se espera poder venderlo en $2.000. La disminución que han experimentado las ventas del negocio hace aconsejable evaluar la conveniencia de sustituirlo por otro más pequeño, que tiene un valor de $14.000 y que requiere gastos de $1.000 en montaje y supervisión de la instalación. El congelador en uso tiene una vida útil real restante de ocho años y un valor de mercado actual de

$16.000. El costo del seguro asciende anualmente, para ambos activos, a 6% del valor contable vigente al inicio del año.

La función de costos de mantenimiento y reparaciones, calculada en base histórica, tiene la forma:

$$y = 19x^2 + 49x + 3.631$$

Donde y es el costo del mantenimiento anual y x es el número de años de antigüedad del equipo.

El congelador nuevo tiene una vida útil real y contable de 10 años y su valor de desecho se calcula por el método contable. La tasa de impuesto es de 15%. Con esta información, construya los flujos de caja para comparar ambas alternativas.

8.32 ¿Cuál es el flujo de caja del periodo 0 de un proyecto para la creación de un nuevo negocio que tiene los siguientes ítems de egresos previos a la puesta en marcha?

- Inversión en capital de trabajo: $10.000.
- Inversión en equipos y mobiliario: $50.000.
- Inversión en terrenos: $50.000.
- Gastos de puesta en marcha: $15.000.
- Costo del estudio de viabilidad: $8.000.

8.33 Una empresa requiere una inversión total de $40.000 para ampliar su negocio y está evaluando pedir un préstamo por 60% de ese monto a cinco años plazo. Si la tasa de interés del préstamo es de 14% anual y la tasa de impuesto es de 15%, determine el efecto neto del endeudamiento sobre el flujo de caja del proyecto, del momento 0 al 5.

8.34 Si la misma empresa del Ejercicio 8.33 tiene la opción de tomar un *leasing* en cinco cuotas iguales de $7.160 para financiar la compra de activos por $24.000, evitando así endeudarse, ¿qué efecto neto tiene sobre el flujo de caja del proyecto, del momento 0 al 5?

8.35 Un proyecto busca evaluar la conveniencia de externalizar en una clínica la esterilización del instrumental quirúrgico que hoy realiza internamente con los siguientes costos.

Personal	$22.000 anuales
Insumos generales	$12.000 anuales
Materiales	$20.000 anuales

Para hacer la esterilización, la clínica ocupa una casa contigua que tiene un valor comercial de $320.000 y uno contable de $280.000 ($80.000 el terreno y $200.000 la construcción). La casa se compró hace 10 años y se deprecia en un total de 30 años. En el proceso interno, ocupa maquinarias livianas y mobiliarios adquiridos en

$60.000 hace 10 años y que tienen una vida útil real y contable de 10 años en total. Si se externaliza el servicio, la clínica deberá pagar $75.000 anuales al proveedor del servicio y un desahucio equivalente a un año de sueldo a los trabajadores que dejarían de ser requeridos en el desarrollo del proceso interno.

El valor de desecho de todos los activos se calcula por el método contable. Si la tasa de impuesto es de 17%, construya el flujo de caja incremental para tomar la decisión.

8.36 Una empresa minera realiza actualmente el mantenimiento de la maquinaria pesada con recursos internos. En el proceso, utiliza tres activos más una serie de insumos variables y fijos. En este momento, una de las máquinas debe ser necesariamente reemplazada por no tener la posibilidad de una reparación mayor y porque tecnológica y económicamente es ineficiente.

Mientras se evalúa la conveniencia de reemplazar una de las máquinas de mantenimiento, el gerente de la división le pide a usted que evalúe la conveniencia de externalizar todo el mantenimiento.

El mantenimiento interno presenta las siguientes características:

a. Ocupa un edificio que tiene un valor libro de $100.000 ($20.000 el terreno y $80.000 la construcción, a la que le quedan 20 años por depreciar).

b. Dispone de tres máquinas. Todas se deprecian en 10 años.

Activo	Valor libro actual ($)	Antigüedad del activo (años)	Vida útil restante (años)	Valor de mercado actual ($)	Valor de mercado final vida útil ($)	Valor de reposición ($)
A	$0	12	0	$600	$600	$10.000
B	$15.000	5	10	$24.000	$3.000	$30.000
C	$16.000	8	4	$15.000	$2.000	$40.000

El costo anual directo del mantenimiento se estima en:

Activo	Costo variable anual ($)
A	$12.000
B	$22.000
C	$18.000

Los costos fijos de mantenimiento ascienden a $10.000 anuales. Dentro de ellos se incluyen $5.000 anuales de remuneraciones del personal. Si se hace el *outsourcing*, se estima que deberá despedirse parte del personal, con lo que se lograrían ahorros de costos de alrededor de $4.000 anuales. Sin embargo, habría que pagar una indemnización al momento del despido de $3.600.

El mantenimiento externo, para similar nivel de actividad, se estima en $90.000 anuales.

Si se hace el *outsourcing*, el edificio de mantenimiento no podrá ser vendido, ya que está en el interior de la empresa minera. Sin embargo, permitiría ser usado por la empresa como bodegas, lo que evitaría su construcción, cuyo costo se estimaba en $60.000 de construcción del edificio (todas las construcciones se deprecian en 40 años) y en $10.000 de compras de estanterías.

Dados los cambios que involucrará en la estructura de costos y la forma de realizar los desembolsos, se estima que el *outsourcing* permitirá reducir la inversión en capital de trabajo en $4.000.

Si la empresa tributa 30% sobre las utilidades y el inversionista exige un retorno mínimo de 20% al capital, construya el flujo de caja incremental.

Capítulo

9

Cálculo y análisis de la rentabilidad

La medición de la rentabilidad económica de un proyecto no es fácil por las enormes dificultades que existen para pronosticar el comportamiento de todas las variables que condicionan su resultado. Por ello, lo común es explicar que lo que se evalúa es uno, quizás el más probable, de los escenarios que podría enfrentar un proyecto. El cálculo de la rentabilidad de cada uno de los escenarios es una de las tareas más simples, fáciles y certeras del trabajo del evaluador. La determinación de la rentabilidad propiamente tal es un proceso mecánico que conduce siempre a un único resultado. Por eso, en este capítulo, más que exponer el desarrollo de las fórmulas para calcular los criterios de evaluación, se profundiza en la interpretación de los resultados, los efectos de las distintas formas de financiación, las alternativas analíticas y la sensibilización de los resultados.

9.1 Conceptos básicos de matemáticas financieras

La rentabilidad de un proyecto se puede medir de muchas formas distintas: en unidades monetarias, en porcentaje o en el tiempo que demora la recuperación de la inversión, entre otras. Todas ellas se basan en el concepto del valor tiempo del dinero, que considera que siempre existe un costo asociado a los recursos que se utilizan en el proyecto, ya sea de oportunidad, si hay otras posibilidades de uso del dinero, ya sea financiero, si se debe recurrir a un préstamo.

En otras palabras, $1 de hoy vale más que $1 a futuro, por cuanto el peso recibido hoy puede invertirse inmediatamente para obtener una ganancia que el peso recibido a futuro no logra obtener.

Por ejemplo, $1.000 invertidos hoy al 10% anual permiten obtener una ganancia de $100 a recibir en un año más. Es decir, $1.000 de hoy equivalen a $1.100 de un año más o, lo que es igual, $1.100 de un año más equivalen a $1.000 de hoy. Si los $1.100 se dejan invertidos por un segundo año, se obtiene una ganancia de $110, correspondiente a 10% del capital invertido. Es decir, $1.000 de hoy equivalen a $1.210 de dos años después.

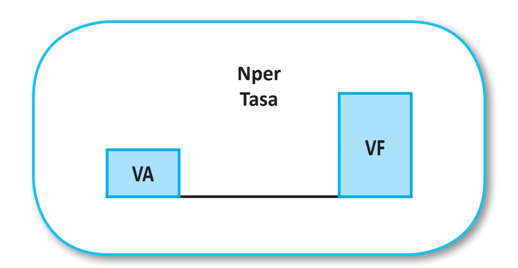
La solución a los 12 problemas principales donde deben aplicarse las matemáticas financieras es bastante más simple de lo que parece. En todos hay siempre dos variables, ya sea como datos o, una de ellas, como incógnita: el tiempo (**Nper** en Excel), y el interés o costo de capital (**Tasa** en Excel). Dependiendo del problema, intervienen dos de las tres variables siguientes, y una de ellas siempre queda sin utilizar: un valor único al inicio del periodo en análisis (**VA** en Excel), un valor único al final del periodo de análisis (**VF** en Excel) y una serie de valores iguales durante todo el periodo en análisis.

De esta manera, los 12 problemas se clasifican en tres grupos:

1. Equivalencia entre un valor único inicial y un valor único final.
2. Equivalencia entre una serie de pagos iguales y un valor único al producirse la última cuota.
3. Equivalencia entre un valor único inicial y una serie de pagos iguales a partir del periodo siguiente al del valor único inicial.

9.1.1 Equivalencia entre un valor único inicial y un valor único final

De las cuatro variables que intervienen en esta primera clasificación, cualquiera de ellas puede ser la incógnita, mientras que las otras tres deben proveer los datos. Gráficamente, la relación entre estas variables se podría representar como sigue.



El gráfico muestra que un valor inicial crece con el paso del tiempo, ya sea porque debe pagarse un interés o porque se recibe un interés.

Matemáticamente, esta relación se resuelve por:

$$VF = VA(1 + i)^n \quad (9.1)$$

Donde i es la tasa de interés pagado o cobrado (**Tasa**), y n es el número de periodos (**Nper**) entre el momento en que están expresados *VA* y *VF*.

Ejemplo 9.1

Una empresa desea hacer uso de la línea de sobregiro automático que le ofrece su banco para financiar $10.000 que requiere para invertir en capital de trabajo de un nuevo proyecto, hasta que este genere los excedentes suficientes para que se autofinancie. Si la tasa de interés real es de 10% y las proyecciones de caja estiman que cubrirán el sobregiro al finalizar el cuarto año de operación del proyecto, el monto adeudado en ese momento se determina por:

$$VF = (1 + 0,1)^4 = 14.641$$

Esto se demuestra fácilmente en la Tabla 9.1.

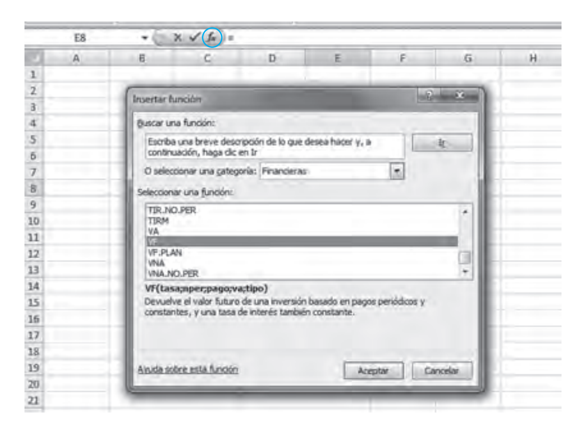
Tabla 9.1 ***Cálculo del valor futuro de un único flujo inicial***

	1	2	3	4
Saldo inicial	$10.000	$11.000	$12.100	$13.310
Interés	$1.000	$1.100	$1.210	$1.331
Saldo final	$11.000	$12.100	$13.310	$14.641

Como se puede observar en la Tabla 9.1, al final del primer año, los $10.000 del sobregiro aumentaron por el interés cobrado en $1.000 (10%), por lo que el periodo termina con una deuda de $11.000. Un año después, el interés de 10% sobre la deuda acumulada corresponde a $1.100, por lo que esta aumenta a $12.100. Al final del cuarto año, lo adeudado asciende a $14.641.

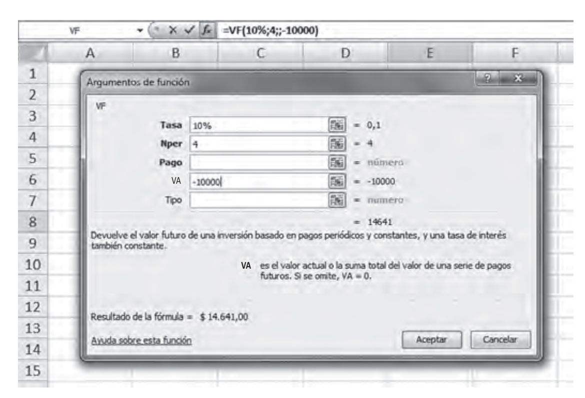
En una planilla electrónica, como Excel, por ejemplo, el **VF** se calcula directamente usando la opción **Insertar función**, del menú **Fórmulas**, se selecciona **Financieras** en la **Categoría de la función** y se elige **VF** en el **Nombre de la función**. También se puede marcar directamente el icono *fx* al lado de la **Barra de fórmulas**, que en la Figura 9.1 se muestra encerrado en un círculo.

Figura 9.1
Cuadro de diálogo para insertar función



En el cuadro de diálogo **VF**, el interés al que se quiere capitalizar el valor inicial se escribe en la casilla correspondiente a **Tasa**, el número de periodos en que se mantendrá la deuda se anota en la casilla **Nper** y el valor de la deuda adquirida inicialmente se coloca en la casilla **VA**[1]. Marcando la opción **Aceptar**, se obtiene el valor futuro tal como se muestra en el cuadro de diálogo en la Figura 9.2.

Figura 9.2
Cuadro de diálogo para calcular el valor futuro de un solo flujo inicial



1 En la planilla Excel, siempre se debe ingresar el valor con signo contrario al que se desea obtener como resultado.

Si lo que se busca es calcular el valor actual de un valor futuro (por ejemplo, para determinar cuánto se debe depositar hoy para lograr tener ahorrado un cierto monto después de un número de periodos definido), se despeja el elemento *VA* de la Ecuación 9.1, multiplicando el valor futuro por un factor de descuento que debe ser menor que 1 y que se expresa como $1 / (1 + i)^n$. De esta forma, el valor actual de un valor futuro se obtiene de:

$$VA = VF \frac{1}{(1+i)^n} = \frac{VF}{(1+i)^n} \quad (9.2)$$

Ejemplo 9.2

Para determinar cuánto se debe depositar hoy para lograr acumular $18.000 al final de cuatro años si un banco ofrece una tasa de interés a los depósitos de 10% anual, se reemplaza la Ecuación 9.2 con estos valores y se obtiene:

$$VA = \frac{18.000}{(1+0,1)^4} = 12.294$$

Igual que en el caso anterior, esto se demuestra haciendo el análisis para cada año como se observa en la Tabla 9.2.

Tabla 9.2 ***Cálculo del valor actual de un flujo único al final de* n *periodos***

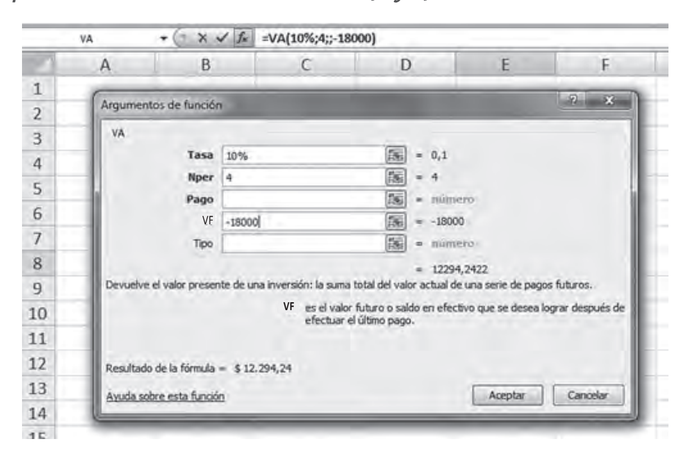
	1	2	3	4
Saldo inicial	$12.294	$13.523	$14.876	$16.363
Interés	$1.229	$1.352	$1.488	$1.636
Saldo final	$13.523	$14.876	$16.363	$18.000

Es decir, si hoy se invierten $12.294, al final del primer año se habrán ganado intereses por $1.229 (10%). Al incrementarse el capital ahorrado en este monto, el interés de cada año siguiente crece en mayor medida que el del año anterior, permitiendo que al final del cuarto año la inversión inicial se haya transformado en $18.000.

En una planilla Excel, el **VA** se calcula usando la opción **Función** del menú **Insertar**, para lo cual se selecciona **Financieras** en la **Categoría de la función** y se elige **VA** en el **Nombre de la función**. En el cuadro de diálogo **VA** se escribe el interés al que se quiere capitalizar en la casilla correspondiente a **Tasa**; el número de periodos que se dejarán

invertidos los recursos se anota en la casilla **Nper**, y el valor del monto que se desea tener al final de *n* periodos se anota en la casilla **VF**. Marcando la opción **Aceptar**, se obtiene el valor actual requerido, tal como se muestra en la Figura 9.3.

Figura 9.3
Cuadro de diálogo para calcular el valor actual de un flujo final único

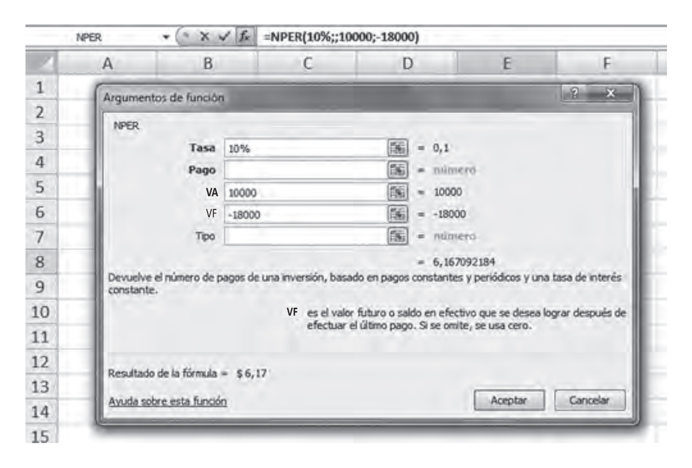


Cuando se calculan equivalencias de dinero en el tiempo, es posible encontrar, además de los valores actuales o finales, el número de periodos o la tasa de interés que hace que se cumpla la equivalencia de dinero en el tiempo. Por ejemplo, para calcular cuánto tiempo debe mantenerse un depósito, a una determinada tasa de interés, para que se logre que un valor inicial se transforme en un valor final predeterminado, en una planilla Excel se selecciona **Financieras** en la **Categoría de la función** del menú **Insertar** y se elige **Nper** en el **Nombre de la función**. En el cuadro de diálogo **Nper** se escribe, en la casilla **Tasa**, el interés al que se quiere buscar la equivalencia, se anota en la casilla **VF** el monto que se desea tener al final de los *n* periodos y se anota en la casilla **VA** el valor que se desea invertir inicialmente. Marcando la opción **Aceptar**, se obtiene el número de periodos que hace ambos montos equivalentes.

Ejemplo 9.3

Si hoy se dispone de $10.000 que se pueden depositar a una tasa de interés de 10% anual y se desea determinar por cuánto tiempo debería mantenerse el depósito para que se transforme en $18.000, aplicando el Excel se obtiene que es poco más de seis periodos, tal como se muestra en la Figura 9.4.

Figura 9.4
Cuadro de diálogo para calcular el número de periodos que iguala dos montos en periodos de tiempo distintos

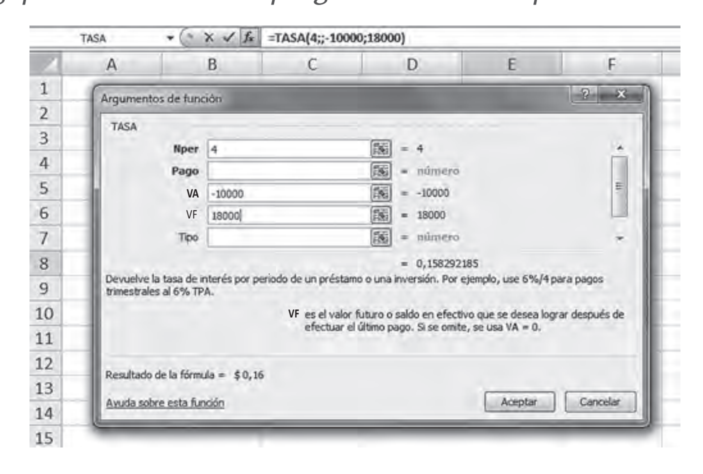


Para calcular la tasa de interés que hace equivalente un valor actual con uno final después de *n* periodos, se sigue un procedimiento similar, seleccionando **Tasa** en el **Nombre de la función**.

Ejemplo 9.4

Si un amigo le hace hoy un préstamo de $10.000 y le exige que le devuelva $18.000 al cabo de cuatro años, para determinar el interés que le está cobrando se recurre a la función **Tasa** del Excel colocando la información tal como se muestra en la Figura 9.5, donde se observa que la tasa corresponde a 15,83% por periodo.

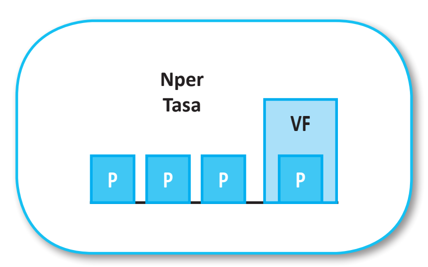
Figura 9.5
Cuadro de diálogo para calcular el interés que iguala dos montos en periodos de tiempo distintos



Los cuatro problemas anteriores se resolvieron sin utilizar la celda **Pago**, ya que en ninguno de ellos se supuso la existencia de una serie de datos iguales, sino solo un monto inicial y uno final.

9.1.2 Equivalencia entre una serie de pagos iguales y un valor único al producirse la última cuota

Los cuatro problemas que se resuelven en esta segunda clasificación muestran relación con una serie de cuotas iguales y su equivalente único al momento de producirse el último pago. Igual que en el caso anterior, cualquiera de las variables puede ser la incógnita y las otras tres deben contener la información. Gráficamente, la relación entre estas variables se podría representar como sigue.



Si la primera cuota ocurre el 1° de enero, la cuarta correspondería al 1° de abril. Es decir, si fuesen cuatro depósitos anuales iguales, el valor acumulado no asignaría interés ganado a la última cuota, ya que ambas ocurren simultáneamente.

El gráfico muestra que un valor inicial crece con el paso del tiempo, ya sea porque debe pagarse un interés o porque se recibe un interés. Matemáticamente, esta relación se resuelve por:

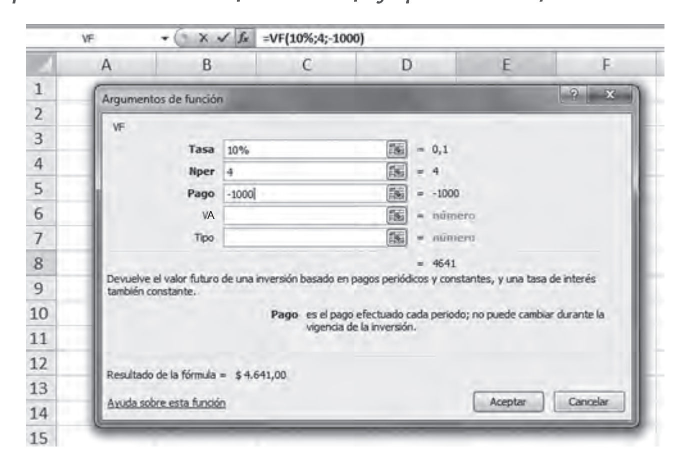
$$VF = P\sum_{t=0}^{n-1}(1+i)^t \tag{9.3}$$

Donde P es la cuota (**Pago**) y n es el número de cuotas (**Nper**).

Ejemplo 9.5

Si en cada uno de los siguientes cuatro años se depositaran $1.000 a una tasa de interés de 10%, al final del cuarto año se tendría un valor acumulado de $4.641, de acuerdo con lo que muestra el cuadro de diálogo de la Figura 9.6.

Figura 9.6
Cuadro de diálogo para calcular el valor final de un flujo periódico uniforme



La Tabla 9.3 demuestra y explica cómo se obtiene el valor final al ir acumulando intereses sobre saldos crecientes por los mismos intereses de los periodos pasados y los propios depósitos.

Tabla 9.3 ***Cálculo del valor futuro de un flujo periódico uniforme***

	1	2	3	4
Saldo inicial		$1.000	$2.100	$3.310
Interés		$100	$210	$331
Saldo capitalizado		$1.100	$2.310	$3.641
Depósito	$1.000	$1.000	$1.000	$1.000
Saldo final	$1.000	$2.100	$3.310	$4.641

Si los flujos de cada periodo son diferentes, se repite la Ecuación 9.1 para cada flujo anual, donde el último flujo no se capitaliza por corresponder al momento en que se efectúa el cálculo.

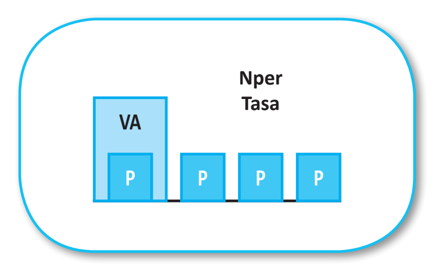
Los tres problemas siguientes se resuelven igual que los de la clasificación anterior. Si se quiere estimar el monto de la cuota mensual que, depositada al 10%, permita acumular $6.000 junto con el último depósito, la incógnita será **Pago** y los valores a incluir en el cuadro de diálogo correspondiente serán 10% para **Tasa**, 4 para **Nper** y −6000 para **VF**. El resultado es $1.292,8.

Si el monto máximo del ahorro mensual es de $1.000 y se requiere ahorrar un total de $6.000, la cantidad de cuotas se determina seleccionando **Nper** como incógnita y los valores 10% en **Tasa**, −1000 en **Pago** y 6000 en **VF**. El resultado es casi de cinco (4,93) cuotas.

Por último, si solo se pueden ahorrar cuatro cuotas mensuales de $1.000 y se desea tener acumulados $6.000 al momento de producirse el último ahorro, para definir la tasa que permitiría lograr esa meta se selecciona la función **Tasa** como incógnita y se agregan los valores 4 en **Nper**, −1000 en **Pago** y 6000 en **VF**, lo que da como resultado 27,82%.

9.1.3 Equivalencia entre un valor único inicial y una serie de pagos iguales, a partir del periodo siguiente al del valor único inicial

Cualquiera de las cuatro variables que intervienen en esta clasificación, al igual que en las dos anteriores, puede ser la incógnita y las otras tres pueden contener información. Gráficamente, la relación entre estas variables se representa de la siguiente forma.



En este caso, **Nper** puede corresponder tanto a número de periodos como a número de cuotas. La suma simple de todos los pagos es superior a su valor actual porque si, por ejemplo, se obtiene un préstamo hoy, lo que debe devolverse en cuotas futuras al banco son el préstamo más los intereses. Si, por el contrario, se invierte hoy una cantidad es porque se espera que lo que se reciba en compensación sea mayor que lo invertido para compensar el sacrificio del consumo presente. Matemáticamente, esta relación se resuelve por cualquiera de las dos ecuaciones siguientes.

$$VA = P\sum_{t=1}^{n}(1+i)^{t} \tag{9.4}$$

$$VA = F\frac{(1+i)^{n}-1}{i(1+i)^{n}} \tag{9.5}$$

Ejemplo 9.6

Si le ofrecen un proyecto que le permitiría recibir cinco cuotas iguales de $300 a partir del próximo año y usted exige una rentabilidad anual de 10%, ya que a esa tasa e igual riesgo puede invertir en otra parte, el valor que estaría dispuesto a destinar a esta opción se calcula por:

$$VA = 300\frac{(1+0,1)^5 - 1}{0,1(1+0,1)^5} = 1.137,24$$

Es decir, es indiferente tener hoy $1.137,24 que recibir cinco cuotas iguales de $300, si puede invertir sus recursos al 10% anual. Esto se demuestra en la Tabla 9.4, donde se observa que al depositar hoy esa cifra y retirar al final de cada año, después de ganar 10% de interés, $300 repetidamente por cinco años, se habrá agotado su saldo. Es decir, hoy un solo monto de $1.137,24 es equivalente a recibir cinco pagos iguales de $300.

Tabla 9.4 ***Equivalencia de varios retiros iguales con un valor actual***

	0	1	2	3	4	5
Saldo inicial		$1.137,24	$950,96	$746,06	$520,66	$272,73
Interés		$113,72	$95,10	$74,61	$52,07	$27,27
Saldo capitalizado		$1.250,96	$1.046,06	$820,66	$572,73	$300,00
Depósito		–$300,00	–$300,00	–$300,00	–$300,00	–$300,00
Saldo final	$1.137,24	$950,96	$746,06	$520,66	$272,73	$0,00

En una planilla Excel, este valor se obtiene haciendo **VA** la incógnita y escribiendo 10% en **Tasa**, −300 en **Pago** y 5 en **Nper**. Marcando la opción **Aceptar**, se obtiene el valor actual de las cinco cuotas iguales.

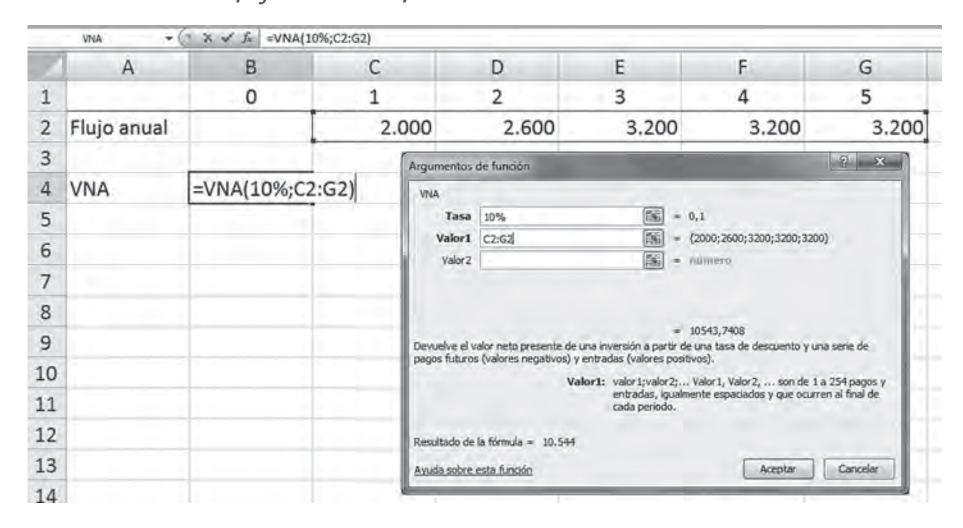
Si las cuotas son de diferente valor cada año, se podrá calcular su valor actual sumando los valores actuales calculados de cada cuota. En Excel, existe también una forma simple para determinar el valor actual de flujos distintos. En primer lugar, se selecciona **Financieras** en la **Categoría de la función** del menú **Insertar** y se elige **VNA** en el **Nombre de la función**[2]. En el cuadro de diálogo se escribe el interés al que se quiere actualizar el flujo de la casilla **Tasa** y se selecciona el rango de valores, tal como se muestra en la Figura 9.7.

2 La función **VNA** no debe confundirse con el VAN que se explica más adelante en este capítulo.

Ejemplo 9.7

Si un proyecto genera cinco flujos de $2.000, $2.600, $3.200, $3.200 y $3.200, el valor actual del flujo indicaría, a una tasa de actualización de 10%, un resultado positivo de $10.543,74.

Figura 9.7
Cálculo del valor actual de flujos anuales diferentes



Esto indica que es indiferente recibir una cuota única inicial de $10.543,74, si se tiene la opción de invertirla al 10% anual, que el flujo indicado. Esto se demuestra en la Tabla 9.5.

Tabla 9.5 ***Equivalencia de varios retiros iguales con un valor actual***

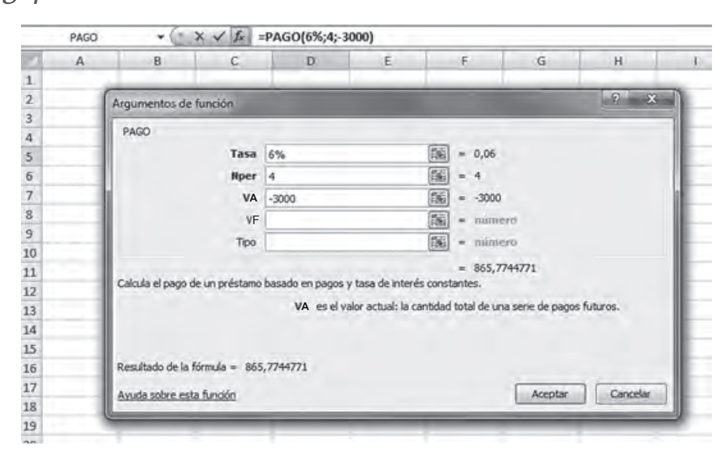
	0	1	2	3	4	5
Saldo inicial		$10.543,74	$9.598,11	$7.957,93	$5.553,72	$2.909,09
Interés		$1.054,37	$959,81	$795,79	$555,37	$290,91
Saldo capitalizado		$11.598,11	$10.557,93	$8.753,72	$6.109,09	$3.200,00
Depósito		–$2.000,00	–$2.600,00	–$3.200,00	–$3.200,00	–$3.200,00
Saldo final	$10.543,74	$9.598,11	$7.957,93	$5.553,72	$2.909,09	$0,00

Para calcular el valor de una cuota que sea equivalente a un valor actual (como el pago de un préstamo, por ejemplo), se selecciona **Pago** como incógnita y se agregan los tres datos faltantes.

Ejemplo 9.8

Si se solicita un préstamo de $3.000 a una tasa de interés de 6% anual y a cuatro años plazo, el monto de la cuota se calcularía haciendo **Pago** como incógnita y escribiendo 6% en **Tasa**, 4 en **Nper** y −3000 en **VA**. Marcando la opción **Aceptar**, se obtiene el valor $865,77 para cada cuota, como se muestra en la Figura 9.8.

Figura 9.8
Cuadro de diálogo para calcular el valor de una cuota



La Tabla 9.6 demuestra que el préstamo se paga en cuatro años con esa cuota anual, la que se descompone en intereses por saldo adeudado y por amortización de la deuda.

Tabla 9.6 ***Tabla de amortización***

Saldo adeudado ($)	Cuota ($)	Interés ($)	Amortización deuda ($)
$3.000,00	$865,77	$180,00	$685,77
$2.314,23	$865,77	$138,85	$726,92
$1.587,30	$865,77	$95,24	$770,54
$816,77	$865,77	$49,01	$816,77
Total			$3.000,00

De la misma forma como en las dos clasificaciones anteriores, se puede calcular una tasa de interés o la cantidad de cuotas que hace equivalente una suma inicial con una serie de pagos iguales. Por ejemplo, si una casa comercial ofrece un producto en $100.000, pero da la opción de comprarlo a crédito pagando una cuota inicial de $20.000 al hacer la

compra y pagando el saldo en cinco cuotas iguales de $20.000, la tasa de interés se calcula haciendo **Tasa** como incógnita y anotando 20000 en **Pago**, 5 en **Nper** y −80000 en **VA**. Se anota 80000 y no 100000, puesto que después de pagar la cuota de inicio es lo que se adeuda. La tasa de interés cobrado asciende, en este caso, a 7,93%.

9.2 Criterios de evaluación

La evaluación del proyecto compara, mediante distintos instrumentos, si el flujo de caja proyectado permite al inversionista obtener la rentabilidad deseada, además de recuperar la inversión. Los métodos más comunes corresponden al valor actual neto, la tasa interna de retorno, el periodo de recuperación de la inversión, la relación beneficio-costo y la relación costo-efectividad.

9.2.1 Valor actual neto

El valor actual neto (VAN, como ya se adelantó en el Capítulo 1) es el método más conocido, mejor y más generalmente aceptado por los evaluadores de proyectos. Mide el excedente resultante después de obtener la rentabilidad deseada o exigida y después de recuperar toda la inversión. Para ello, calcula el valor actual de todos los flujos futuros de caja, proyectados a partir del primer periodo de operación, y le resta la inversión total expresada en el momento 0.

Si el resultado es mayor que 0, mostrará cuánto se gana con el proyecto, después de recuperar la inversión, por sobre la tasa de retorno que se exigía al proyecto; si el resultado es igual a 0, indica que el proyecto reporta exactamente la tasa que se quería obtener después de recuperar el capital invertido; y si el resultado es negativo, muestra el monto que falta para ganar la tasa que se deseaba obtener después de recuperada la inversión. Cuando el VAN es negativo, el proyecto puede tener una alta rentabilidad, pero será inferior a la exigida. En algunos casos, como se explicará más adelante, el VAN negativo puede incluso indicar que, además de que no se obtiene rentabilidad, parte o toda la inversión no se recupera.

Ejemplo 9.9

Suponga que, para generar el flujo de caja expuesto en el ejemplo anterior, se debe realizar una inversión de $10.000. Al restar al total de los valores actuales ya calculados en la inversión inicial, se obtiene un VAN de $544, que se interpreta como el exceso de valor obtenido por sobre lo exigido al capital invertido, lo que se demuestra en la Tabla 9.7.

Tabla 9.7 ***Supuestos de rentabilidad y recuperación de la inversión con el método VAN***

Saldo inversión ($)	Flujo anual ($)	Rentabilidad exigida ($)	Recuperación inversión ($)
$10.000	$2.000	$1.000	$1.000
$9.000	$2.600	$900	$1.700
$7.300	$3.200	$730	$2.470
$4.830	$3.200	$483	$2.717
$2.113	$3.200	$211	$2.113
Saldo después de recuperar inversión			$876

Como se exige una ganancia de 10% a los recursos invertidos, el VAN asigna el primer año $1.000, de los $2.000 del flujo de caja, como rentabilidad para el inversionista, y el saldo, otros $1.000, lo considera como parte de la recuperación de la inversión efectuada.

El segundo año, como quedan $9.000 por recuperar del total invertido en el proyecto, el VAN asigna 10% ($900) como ganancia y considera al saldo, $1.700, como recuperación de la inversión. Al final del quinto año, el proyecto genera $3.200, que se asignan de la siguiente manera: 10% del saldo invertido aún en el proyecto ($211) como rentabilidad para el inversionista, $2.113 para recuperar todo el saldo de lo invertido[3], y todavía sobran $876, que representan lo que el inversionista gana por sobre lo que exigía al proyecto después de recuperar lo que había invertido.

La diferencia de este valor con el VAN se debe a que este último está calculado en el momento 0 y los $876 están calculados al final del momento 5. Si se actualiza este valor multiplicándolo por el factor de actualización $1 / (1 + 0{,}1)^5$, se observa que ambos son iguales. Así, entonces, queda demostrado que el VAN refleja la cuantía de recursos que genera el proyecto por sobre lo exigido de ganancia por el inversionista, después de recuperada la inversión.

Cuando el flujo del primer año es menor que la rentabilidad exigida, el VAN asume una "deuda" con el inversionista por el monto faltante, que agrega al saldo de la inversión y le suma, al periodo siguiente, la tasa exigida. Si, por ejemplo, la inversión inicial es de $1.000, los flujos anuales son de $80, $200, $420, $500 y $500, y si la tasa exigida fuese de 10%, el VAN sería de $205,54. Como el inversionista exige 10% a su inversión, el flujo del primer año es menor que los $100 que desea ganar. La Tabla 9.8 muestra cómo el VAN asume y paga la "deuda" por los $20 faltantes.

3 Con esta cantidad, equivalente al saldo de la inversión al principio del quinto periodo, se recuperan los $10.000 invertidos.

Tabla 9.8 *Supuesto del VAN con flujo inicial menor que la rentabilidad exigida*

Saldo inversión ($)	Flujo anual ($)	Rentabilidad exigida ($)	Recuperación inversión ($)
$1.000	$80	$100	–$20
$1.020	$200	$102	$98
$922	$420	$92	$328
$594	$500	$59	$441
$154	$500	$15	$154
Saldo después de recuperar inversión			$331

El valor actual de los $311 al 10% de interés da los mismos $205,54 del VAN.

Si, por otra parte, el flujo del primer año es negativo, por ejemplo, en $40, el VAN (en este caso, $96,45) asume que no solo le queda "debiendo" la rentabilidad exigida a la inversión ese año, sino que, además, el inversionista aporta los recursos faltantes, tal como se muestra en la Tabla 9.9.

Tabla 9.9 *Supuesto del VAN con flujo inicial negativo*

Saldo inversión ($)	Flujo anual ($)	Rentabilidad exigida ($)	Recuperación inversión ($)
$1.000	–$40	$100	–$140
$1.140	$200	$114	$86
$1.054	$420	$105	$315
$739	$500	$74	$426
$313	$500	$31	$313
Saldo después de recuperar inversión			$155

El valor actual de los $155 al 10% de interés, nuevamente, da el mismo resultado del VAN.

Lo anterior permite apreciar que un proyecto puede tener un VAN muy alto, con todos sus flujos negativos, salvo el del último periodo, que podría ser muy positivo por el valor remanente de la inversión. Esto explica por qué debe complementarse su cálculo con el análisis del periodo de recuperación de la inversión.

9.2.2 Tasa interna de retorno

Un segundo criterio de evaluación lo constituye la tasa interna de retorno (TIR), que mide la rentabilidad como porcentaje. En el ejemplo anterior, cuando se exigía 10% de retorno a la inversión, el VAN mostró que el proyecto rendía eso y $544 más. Es decir, daba al inversionista una rentabilidad superior al 10% exigido.

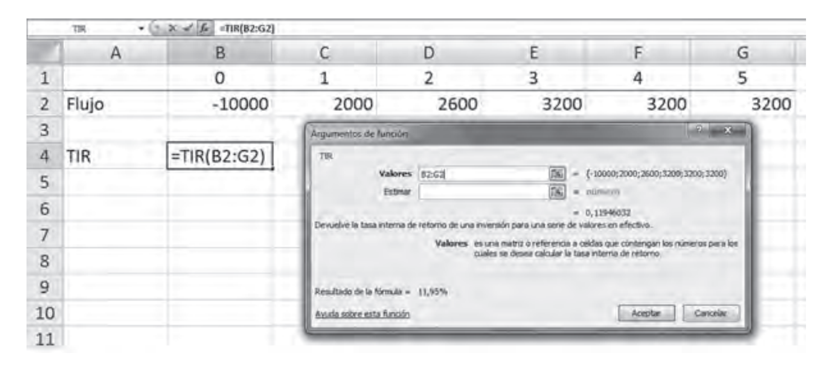
Esto indica que se puede exigir al proyecto una ganancia superior a esa tasa. La máxima tasa exigible será aquella que haga que el VAN sea 0. Esta condición se cumple, en el ejemplo anterior, con una tasa de 11,95%, que representa la TIR del proyecto.

La TIR tiene cada vez menos aceptación como criterio de evaluación, por cuatro razones principales:

1. Entrega un resultado que conduce a la misma regla de decisión que la obtenida con el VAN[4].
2. No sirve para comparar proyectos, por cuanto una TIR mayor no es mejor que una menor, ya que la conveniencia se mide en función de la cuantía de la inversión realizada.
3. Cuando hay cambios de signos en el flujo de caja, por ejemplo, por una alta inversión durante la operación, pueden encontrarse tantas TIR como cambios de signo se observen en el flujo de caja.
4. No sirve en los proyectos de desinversión, ya que la TIR muestra la tasa que hace equivalentes los flujos actualizados negativos con los positivos, sin discriminar cuál es de costo y cuál es de beneficio para el inversionista, por lo que siempre es positiva.

La TIR se calcula muy fácilmente en una planilla electrónica, como Excel, donde se usa la opción **Insertar función**, del menú **Fórmulas**, se selecciona **Financieras** en la **Categoría de la función** y se elige **TIR** en el **Nombre de la función**. En el cuadro **TIR** se selecciona el rango de valores que se desea actualizar, a partir del momento 0, y marcando la opción **Aceptar**, se obtiene la TIR. Para los flujos del Ejemplo 9.7, la TIR, como se muestra en la Figura 9.9, sería de 11,95%.

Figura 9.9
Cuadro de diálogo para el cálculo de la TIR con Excel



4 Si el VAN es 0, se gana exactamente lo que se quería ganar, por lo que la TIR es igual a la tasa de descuento; si el VAN es positivo, la TIR es mayor que la tasa de descuento, por cuanto se gana más de lo exigido; y si el VAN es negativo, la TIR es menor que la tasa de descuento exigida al proyecto.

Si se construye la tabla que explica el supuesto del VAN, se observa que, con una tasa de 10%, el VAN es $543,74 (valor actual de $876), pero con el 11,95% de la TIR, el resultado es 0. Es decir, el inversionista gana ese porcentaje y recupera la inversión. Esto se observa en la Tabla 9.10.

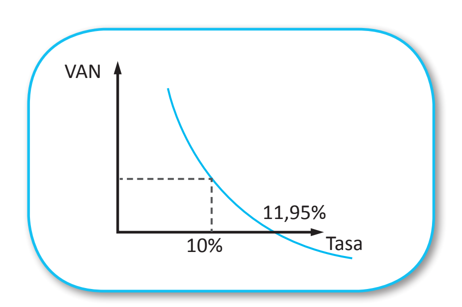
Tabla 9.10 ***Supuesto de la TIR***

Saldo inversión ($)	Flujo anual ($)	Rentabilidad exigida ($)	Recuperación inversión ($)
$10.000	$2.000	$1.000	$1.000
$9.000	$2.600	$900	$1.700
$7.300	$3.200	$730	$2.470
$4.830	$3.200	$483	$2.717
$2.113	$3.200	$211	$2.113
Saldo después de recuperar inversión			$876

Saldo inversión ($)	Flujo anual ($)	Rentabilidad exigida ($)	Recuperación inversión ($)
$10.000	$2.000	$1.195	$805
$9.195	$2.600	$1.098	$1.502
$7.693	$3.200	$919	$2.281
$5.412	$3.200	$647	$2.553
$2.859	$3.200	$341	$2.859
Saldo después de recuperar inversión			$0

Gráficamente, la TIR muestra la tasa donde el VAN se hace 0. Si con una tasa de 10%, el VAN fue $543,74, significa que el proyecto renta este valor por sobre 10% que se exige de retorno a la inversión, después de ser recuperada. Pero si se entrega un retorno a la inversión de 11,95%, lo que queda permite solo recuperar la inversión. Por eso, la TIR se define a veces como la sensibilización de la tasa de descuento del proyecto, ya que mide el máximo costo que se podría pagar por el capital. Gráficamente, esto se expresa como:

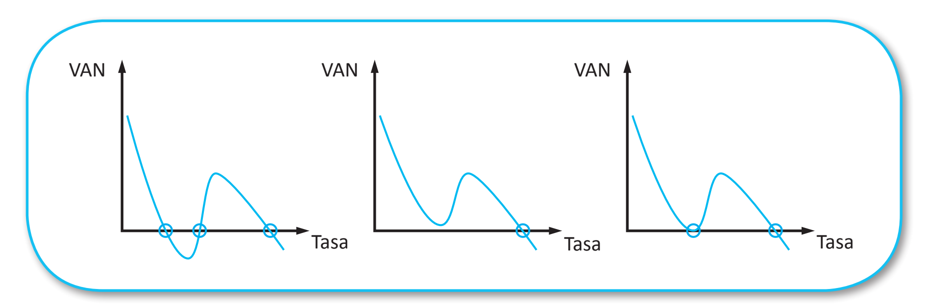
Gráfico 9.1
Relación entre VAN y TIR



Cuando el flujo de caja tiene cambios de signo (por ejemplo, si en un periodo se realiza una inversión de ampliación que hace que ese año el flujo sea negativo), puede haber tantas TIR como cambios de signo se observen, ya que la pendiente de la curva cambia tantas veces como cambios de signo haya. Por ejemplo, si la inversión inicial es de −$900, $1.898 y −$1.000, hay dos cambios de signo (de menos a más y de más a menos), y el VAN se hace 0 con TIR de 2,71% y de 8,15%.

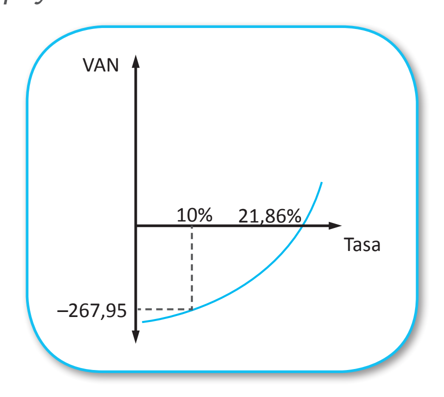
Si el flujo tuviese tres cambios de signo (−1.000, 400, 400, −100 y 400), podría haber hasta tres tasas internas de retorno[5]. Esto se explica por los posibles cruces del eje de la pendiente, tal como se observa en el Gráfico 9.2.

Gráfico 9.2
Múltiples tasas TIR



El caso más atípico y menos tratado en la literatura es el de la TIR en proyectos de desinversión. Como ya se explicó, la TIR es la tasa que iguala los flujos positivos con los negativos. Por ejemplo, si una empresa tiene un vehículo con una vida útil máxima de cinco años, que al cabo de ellos no tendrá ni valor contable ni de mercado, y se le ofrece la opción de venderlo hoy en $1.200 y de arrendar en $400 el servicio de flete por los próximos cinco años, y si a los proyectos se les exige una rentabilidad de 10%, la TIR de 21,86% mostraría que es conveniente la venta. Sin embargo, al calcular el VAN, el resultado es negativo en $267,95. Si tuviera otra opción de flete por $500 anuales, claramente sería peor que la anterior, que costaba solo $400 anuales. Sin embargo, la TIR sube a 34,9%, mientras que el VAN reconoce que es menos conveniente aun disminuyendo a −$584,93. En el Gráfico 9.3, se observa que este comportamiento se explica por la pendiente inversa de la curva del VAN cuando en el momento 0 existe un ingreso y, en el flujo futuro, egresos.

Gráfico 9.3
Relación entre VAN y TIR en proyectos de desinversión



5 Calcule el VAN de este flujo para una tasa de 4,35% y para otra de 55.382.261%.

Cuando es un proyecto de inversión, es rentable y tiene un solo cambio de signo, la TIR muestra el retorno promedio sobre la inversión. Pero eso no significa que esa rentabilidad se reciba cada año, ya que, al igual que el VAN, supone que cuando los flujos son negativos, puede quedar "debiéndole" al inversionista la rentabilidad informada y, también, que este aportará los recursos faltantes para cubrir el déficit.

Ejemplo 9.10

Suponga que un proyecto requiere una inversión inicial de $5.000, que su flujo es negativo en $2.000, $1.500 y $1.000 los primeros tres años, y que solo el cuarto y el quinto año es positivo en $8.000 cada uno. La TIR indicaría una rentabilidad promedio anual de 15,07% anual, aun cuando el proyecto tiene flujos negativos los primeros tres años. La Tabla 9.11 muestra el supuesto de que la TIR puede quedar "debiendo" la rentabilidad deseada.

Tabla 9.11 ***Supuesto de la TIR con flujos iniciales negativos***

Saldo inversión ($)	Flujo anual ($)	Rentabilidad exigida ($)	Recuperación inversión ($)
$5.000	–$2.000	$754	–$2.754
$7.754	–$1.500	$1.169	–$2.669
$10.422	–$1.000	$1.571	–$2.571
$12.993	$8.000	$1.959	$6.041
$6.952	$8.000	$1.048	$6.952
Saldo después de recuperar inversión			$0

Como se puede observar, la TIR puede ser muy atractiva pero no generar un flujo que permita, entre otras cosas, enfrentar el pago de una deuda.

En un flujo de inversión (egreso inicial y flujos positivos a futuro), pueden darse varias situaciones en la relación del VAN con la TIR:

VAN > 0 y TIR > 0	La rentabilidad es superior a la exigida después de recuperar toda la inversión.
VAN = 0 y TIR > 0	La rentabilidad es igual a la exigida después de recuperar toda la inversión.
VAN < 0 y TIR > 0	La rentabilidad es inferior a la exigida después de recuperar toda la inversión.
VAN < 0 y TIR = 0	La rentabilidad es 0, pero se recupera toda la inversión.
VAN < 0 y TIR < 0	La rentabilidad es 0 y no se recupera toda o parte de la inversión.

9.2.3 Periodo de recuperación de la inversión

El periodo de recuperación de la inversión (PRI) es el tercer criterio más usado para evaluar un proyecto y tiene por objeto medir en cuánto tiempo se recupera la inversión, incluyendo el costo de capital involucrado.

Como se puede observar en las tablas anteriores, una parte del flujo va a pagar la rentabilidad deseada y otra va a recuperar la inversión. Para determinar en cuánto tiempo se recupera la inversión, solo se debe considerar la última columna.

La importancia de este indicador es que complementa la información, muchas veces oculta por el supuesto de que, si el flujo no alcanza, "se adeuda" tanto del VAN como de la TIR.

Ejemplo 9.11

Suponga que un proyecto al que se le exige un retorno de 10% anual requiere una inversión de $2.000 y presenta flujos anuales de $200, $400, $600, $800 y $800.

Aunque la suma simple de los flujos de caja de los primeros cuatro años corresponde exactamente al monto de la inversión, el PRI es de cinco y no de cuatro años. Al incluir en los costos la tasa de retorno exigida, el PRI resulta de aplicar el cuadro de pagos a la inversión que se muestra en la Tabla 9.12.

Tabla 9.12 *Cálculo del PRI*

Saldo inversión ($)	Flujo anual ($)	Rentabilidad exigida ($)	Recuperación inversión ($)
$2.000	$200	$200	$0
$2.000	$400	$200	$200
$1.800	$600	$180	$420
$1.380	$800	$138	$662
$718	$800	$72	$718
Saldo después de recuperar inversión			$10

Nótese que si se extrae de cada cuota la tasa de retorno exigida a la inversión remanente, se observa que demora casi cinco años en ser recuperada.

9.2.4 Relación beneficio-costo

La relación beneficio-costo compara el valor actual de los beneficios proyectados con el valor actual de los costos, incluida la inversión. El método lleva a la misma regla de decisión del VAN, ya que cuando este es 0, la relación beneficio-costo es igual a 1. Si el VAN es mayor que 0, la relación es mayor que 1, y si el VAN es negativo, esta es menor que 1. Este método no aporta ninguna información importante que merezca ser considerada.

9.2.5 Relación costo-efectividad

Existen muchos proyectos donde los beneficios son difíciles de estimar (cuando no hay ingresos) o no son relevantes para el análisis (cuando debe necesariamente solucionarse un problema). En estos casos, es conveniente comparar los costos con la efectividad, es decir, con el cambio que se espera lograr con el proyecto. Para determinar la mejor de las opciones posibles, la relación costo-efectividad calcula:

$$CE = \frac{VAC}{IE} \tag{9.6}$$

Donde *CE* es el coeficiente costo-efectividad; *VAC*, el valor actual de los costos del proyecto, e *IE*, el indicador de efectividad.

Ejemplo 9.12

Para reducir la tasa de delincuencia, la autoridad municipal evalúa dos opciones conducentes a lograr una misma meta: disminuir los actos delictivos. Una primera alternativa es instalar cámaras de vigilancia en las calles con una central de monitoreo y equipos móviles policiales que acudan ante cualquier alerta. En un horizonte de 10 años, la central y las cámaras deberán ser sustituidas en distintos momentos. Incluso es posible obtener un pequeño ingreso por su venta al final de su vida útil. Considerando la inversión, las reposiciones de los equipos, los costos de operación y los ingresos por venta de equipos, se observa un *VAC* de −$2.800. Con esta opción, se estima posible reducir los actos delictivos en 700 casos anuales. La segunda opción consiste en contratar guardias de seguridad durante las 24 horas del día, con lo que se estima que podrían reducirse los casos en 400 al año. El *VAC* de esta alternativa es de −$2.400. De acuerdo con la Ecuación 9.6, el coeficiente costo-efectividad sería:

$$CE_A = \frac{2.800}{700} = \$4 \qquad CE_B = \frac{2.400}{400} = \$6$$

Aunque el costo total de la opción *A* es más alto que el de la opción *B*, por su mayor impacto en el logro del objetivo buscado muestra un índice costo-efectividad de solo $4, frente a los $6 de *B*, por cada acto delictivo disminuido.

9.3 Valor económico agregado

La creciente competitividad que enfrentan las empresas por la apertura de los mercados mundiales, entre otros factores, hace que los proyectos deban ser evaluados y seleccionados en función de su posibilidad de mantener o ampliar sus mercados cautivos, con objeto de sostener o crear valor para la empresa.

Se considera que un proyecto crea valor cuando genera excedentes después de haber pagado el costo de capital utilizado. Aunque el concepto es similar al VAN, el valor económico agregado (VEA), más que un indicador, es un instrumento de gestión que permite un proceso continuo de incorporación de nuevos proyectos que crean valor y de eliminación de aquellos que, aun teniendo utilidades, reducen el valor de la empresa.

Para aumentar el VEA, la búsqueda de áreas de negocios deberá estar encaminada a implementar proyectos que incrementen la utilidad neta de operación sin aumentar los activos, o bien a invertir en activos que generen un incremento en la utilidad neta de operación superior al aumento en el costo de capital agregado. En un caso más extremo, si se considera que la empresa tiene un capital superior al nivel de inversión óptimo, se preferirá liquidar activos que no puedan generar una utilidad mayor que el costo de capital involucrado.

La diferencia entre el VEA y el VAN es que, mientras que este último calcula rentabilidad sobre flujos proyectados, el primero lo hace en forma periódica sobre resultados efectivamente alcanzados, midiendo el desempeño real de los activos y procesos.

El VEA es generalmente calculado como:

$$VEA = UNO - (K_w * A_n) \tag{9.7}$$

Donde *UNO* es la utilidad neta de operación después de impuestos; K_w, el costo de capital medio ponderado, y A_n, el valor contable ajustado del capital neto.

Una estimación del valor actual de los VEA anuales proyectados debería dar un resultado idéntico al VAN del proyecto. Su utilidad, entonces, se manifiesta en que permite verificar, periodo a periodo, si el proyecto (o la empresa) está generando excedentes que contribuyan a obtener ganancias por sobre el costo de capital empleado.

La aplicación del modelo de cálculo del VEA, generalmente aceptado y expuesto en la Ecuación 9.7, tiene dos grandes vacíos:

1. No solo no considera que algunos proyectos requieren periodos que no aportan un excedente en la utilidad que supere el costo de capital de los activos, sino que en muchas ocasiones el valor de la empresa se maximiza en el mediano y en el largo plazo aunque se trabaje con pérdidas contables en el corto plazo.

2. Mide la capacidad de generar excedentes por sobre el costo de capital de los activos en el corto plazo, cuando para mantener la capacidad operativa del negocio se debe reinvertir en mantener la capacidad productiva generadora de esa utilidad neta de operación[6].

6 Sin embargo, como trabaja con la utilidad y no los flujos, podría no tener relevancia el error, ya que al no sumar la depreciación, se podría suponer que quienes defienden el VEA la consideran como el equivalente anual del flujo que debe destinarse a la reposición de activos, aunque nunca lo expliciten.

Esto lleva a definir un modelo corregido que incorpore todos los elementos que hacen del VAN un instrumento válido, a la vez que posibilite lograr los objetivos específicos del VEA, sobre todo en la evaluación del desempeño de los activos.

A continuación, se desarrolla el modelo paralelamente con un ejemplo en el que se simplifican las estructuras de costos y beneficios de una situación observada con frecuencia, para exponer un procedimiento que incorpore la totalidad de los elementos que deben ser considerados en la medición del VEA.

Ejemplo 9.13

Suponga que, para enfrentar un proyecto de ampliación, una empresa optó por una solución tecnológica que permite producir y vender 1.000 unidades anuales a $100 cada una; que el costo variable de producir cada unidad es de $30 y el costo fijo, independientemente del nivel de producción, es de $20.000 anuales.

El resultado o utilidad operacional del proyecto está dado por la diferencia entre los ingresos y los costos totales, lo que se puede expresar como:

$$R_{op} = p * q - cv * q - CF \tag{9.8}$$

Donde R_{op} es el resultado operacional; p, el precio unitario; q, la cantidad adicional que se estima será producida y vendida; cv, el costo variable unitario, y CF, el costo fijo anual.

En el ejemplo, el resultado operacional correspondería a $50.000, que resulta de:

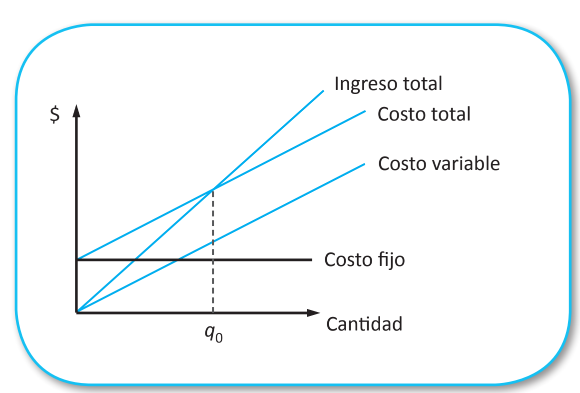
$$R_{op} = 100.000 - 30.000 - 20.000$$

Es usual, con esta información, suponer que el resultado operacional aumenta mientras mayor es la cantidad producida y vendida, tal como se muestra en el Gráfico 9.4.

Pero, como se explica en las páginas siguientes, esto no es válido en todos los casos, por cuanto existen dos particularidades que deben ser explicadas.

En q_0, el resultado operacional es 0 (los ingresos totales son iguales a los costos totales). Cualquier cantidad producida y vendida por sobre este punto, que se conoce como cantidad de equilibrio, dará a la empresa una utilidad operacional. Nótese cómo esta crece en la medida en que aumenta el nivel de operación.

Gráfico 9.4
Punto de equilibrio tradicional



El análisis anterior, sin embargo, no considera todas las variables que corresponde analizar en una decisión de inversión que conlleva cambios en la situación vigente.

Un costo, que no es fijo ni variable, es el impuesto a las utilidades[7]. Como se vio anteriormente, para calcularlo se permite agregar, a los egresos contables del proyecto, los gastos no desembolsables que constituyen la pérdida de valor contable de los activos usados, denominada depreciación. Si esta fuese de $10.000 anuales, la utilidad sobre la que se calculará el impuesto resultaría de aplicar la siguiente ecuación.

$$U = p * q - cv * q - CF - D \tag{9.9}$$

Donde U es la utilidad antes de impuestos y D es el monto de la depreciación anual.

Al sustituir los valores de la ecuación por los antecedentes del ejemplo, se obtiene:

$$U = 100 * 1.000 - 30 * 1.000 - 20.000 - 10.000 = 40.000$$

Si la tasa de impuesto a las utilidades es de 15%, el impuesto atribuible a esta opción tecnológica sería de $6.000 y la utilidad neta de impuestos sería de $34.000.

La utilidad neta se puede calcular como la diferencia entre la utilidad antes de impuestos y el impuesto pagado, o como 85% de la utilidad antes de impuestos, que es lo que le queda a la empresa después de pagar en impuestos el 15% correspondiente de las utilidades.

7 No es fijo ni variable, porque depende de una función de utilidad basada en ingresos, costos fijos y costos variables.

Corrigiendo la Ecuación 9.9, se puede determinar la utilidad neta como sigue.

$$UN = (p * q - cv * q - CF - D)\ (1 - t) \qquad (9.10)$$

Donde *UN* es la utilidad neta y *t* es la tasa de impuesto a las utilidades.

El factor (1 − *t*) corresponde al remanente después de pagar el impuesto[8]. De esta forma, se obtiene:

$$U = 40.000\ (1 - 0{,}15) = 34.000$$

Sin embargo, como para efectuar la medición se debe considerar el flujo de caja y no la utilidad neta, que es solo el resultado de una operación contable, hay que corregir la deducción de la depreciación, por no constituir un egreso efectivo de caja. Tal como se vio en páginas anteriores, se debe sumar la depreciación después de haberla considerado en el cálculo del impuesto. De esta forma, al sumar $10.000 a la utilidad neta ($34.000), resulta un flujo de caja de $44.000.

Un resultado similar se obtiene si solo se consideran los ítems que constituyen movimientos de caja: si a los $100.000 de ingresos se restan $30.000 de costos variables, $20.000 de costos fijos y $6.000 de impuestos, también resulta un flujo de caja de $44.000.

Para llegar a este resultado, la Ecuación 9.10 se modifica de la siguiente forma para obtener el flujo de caja.

$$FC = (p * q - cv * q - CF - D)\ (1 - t) + D \qquad (9.11)$$

Donde *FC* representa el flujo de caja promedio anual.

Reemplazando:

$$FC = 40.000\ (0{,}85) + 10.000 = 44.000$$

Sin embargo, para determinar si el flujo de caja es atractivo o no para el inversionista, se debe agregar todavía información al resultado calculado.

Los $44.000 proyectados como flujo de caja anual podrían ser un muy buen resultado si la inversión fuese, por ejemplo, de $100.000; pero el mismo resultado no sería satisfactorio si el monto invertido hubiese sido de $1.000.000.

8 Si la tasa del impuesto es de 15%, el factor (1 – *t*) corresponde a (1 − 0,15). Es decir, a 0,85 u 85%.

Para incorporar el efecto de la cuantía de la inversión, se debe determinar si el flujo de caja es suficiente para otorgar al inversionista la rentabilidad porcentual deseada por la inversión realizada. Si, por ejemplo, la inversión es de $200.000 y el inversionista exige a ella un retorno mínimo de 12% anual para aceptar el proyecto, se restan $24.000 al flujo de caja (12% de los $200.000 invertidos).

Incorporando el retorno sobre la inversión en la Ecuación 9.11, resulta:

$$R = (p * q - cv * q - CF - D)(1 - t) + D - i * I \tag{9.12}$$

Donde R es el resultado neto de ganancia exigida; i, la tasa deseada de retorno sobre la inversión, e I, la inversión asociada a la implementación de la alternativa tecnológica que se evalúa.

Al incorporar este elemento en la ecuación, se obtiene:

$$R = 40.000\ (0,85) + 10.000 - 24.000 = 20.000$$

Los $20.000 resultantes indican que, con los ingresos anuales, esta opción permite cubrir todos los costos (fijos y variables), pagar el impuesto, entregarle al inversionista 12% de rentabilidad y dejar incluso un remanente de $20.000.

Esto, sin embargo, aun no es suficiente para tomar una decisión, ya que para mantener el supuesto de un flujo a perpetuidad, la empresa deberá invertir, a lo largo del tiempo, en la reposición de los activos necesarios para mantener la capacidad productiva perpetua.

Cuando el flujo de caja se calcula como un promedio anual perpetuo, las inversiones en reposición también deben ser incluidas como un promedio anual. Es decir, del flujo resultante ($20.000) se debe restar una cantidad anual que represente las reinversiones promedios anuales necesarias para mantener su capacidad de producción.

Para ello, existen dos criterios:

1. Suponer que la depreciación contable anual es un monto representativo de la reinversión anual, como hace la fórmula tradicional del VEA.
2. Calcular la pérdida de valor promedio anual de la inversión que efectivamente debe ser repuesta.

En el primer caso, se resta la depreciación anual para calcular la rentabilidad promedio anual, *Rp*, como sigue.

$$Rp = (p * q - cv * q - CF - D)\,(1 - t) + D - i * I - D \tag{9.13}$$

Que es lo mismo que:

$$R = (p * q - cv * q - CF - D)\,(1 - t) - i * I \tag{9.14}$$

El resultado, entonces, se obtiene como:

$$R = 40.000\ (0{,}85) - 24.000 = 10.000$$

Este resultado indica que el proyecto anualmente es capaz de redituar $10.000 por sobre lo exigido como retorno a la inversión y después de haber considerado una reserva para mantener el valor de los activos. Esto podría variar si la reserva para reposición se calcula como un promedio anual equivalente a lo que el activo pierde de valor en el mercado. Tal opción supone que cada año se pierde linealmente una parte de la diferencia entre el valor de la inversión y su valor de desecho. Por ejemplo, si de los $200.000 de inversión inicial se estima posible recuperar $80.000 después de 10 años, la pérdida de $120.000 en el valor de la inversión se distribuye en los 10 años en partes iguales, a razón de $12.000 por año. El resultado corregido sería:

$$R = 40.000\ (0{,}85) + 10.000 - 24.000 - 12.000$$

Cualquiera que sea la opción que se use, siempre debe considerarse la necesidad de reinvertir parte de los recursos generados por el flujo para mantener el valor de la inversión y la capacidad productiva del proyecto.

9.4 Evaluación de proyectos a nivel de perfil

A nivel de perfil, es posible recurrir a un método simplificado para medir la rentabilidad de una opción de inversión, similar al expresado en la Ecuación 9.14, pero en función del supuesto de una situación futura promedio perpetua. Como se mencionó anteriormente, el perfil constituye el más simple de los niveles de evaluación, y su aplicación se recomienda solo para determinar la conveniencia o la inconveniencia de efectuar una evaluación en un nivel más profundo o para elegir entre varias opciones al formular un proyecto a nivel de prefactibilidad, como por ejemplo cuando se busca seleccionar el mejor sistema de transporte para los productos de la empresa, la mejor alternativa tecnológica o el mejor sistema de almacenamiento de información.

El carácter básico de los estudios a nivel de perfil hace posible definir un modelo que calcule la rentabilidad para un año típico, suponiendo que el comportamiento promedio de los costos y beneficios del proyecto puede representarse como un sistema perpetuo.

Obviamente, existen otras formas de construir un perfil de proyecto, como por ejemplo los análisis cualitativos o la proyección de un flujo de caja muy preliminar sustentado en antecedentes estimados o en supuestos no respaldados necesariamente sobre bases sólidas.

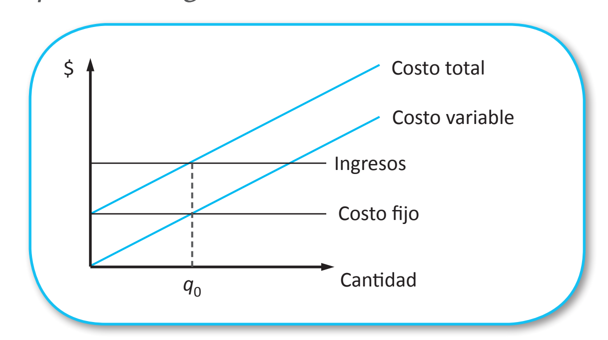
Si el proyecto que se evalúa tiene la forma tradicional de una inversión asociada a crecimientos en los costos y beneficios de acuerdo con el incremento en las ventas, la Ecuación 9.14 se aplica de manera directa.

Sin embargo, cuando la empresa tiene ingresos constantes y su estructura de costos está compuesta por una parte variable, la maximización del resultado operacional se logra cuando el nivel de actividad es mínimo. Por ejemplo, en las mutuales de seguridad, donde el ingreso está dado por la prima asegurada por accidentes en el trabajo y los costos dependen de la siniestralidad de los afiliados, mientras menos siniestros se produzcan, más alta será la utilidad operacional de la mutual, tal como se observa en el Gráfico 9.5.

En instituciones donde la situación presupuestaria de los ingresos es una variable fija e independiente del nivel de actividad, los proyectos de racionalización que buscan reducir los costos de funcionamiento tienen asociado el beneficio de la mayor cantidad de actividad que es posible con la misma disponibilidad presupuestaria.

Gráfico 9.5

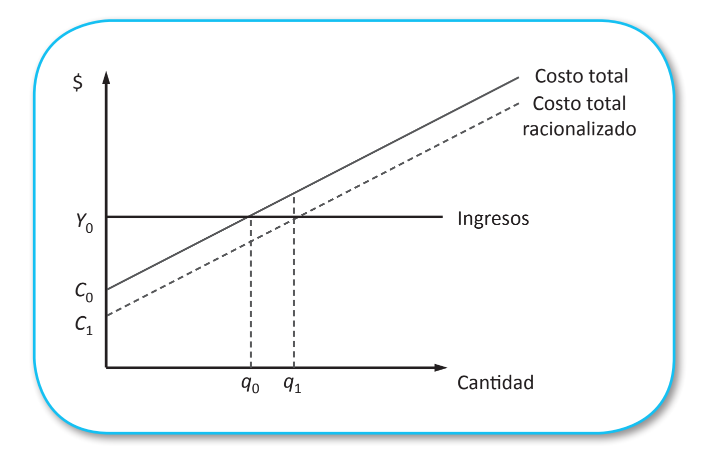
Cambio en el punto de equilibrio con ingresos constantes



Como se puede observar en el Gráfico 9.5, el resultado operacional se hace máximo cuando la actividad es 0. Al crecer el nivel de actividad, la diferencia entre ingresos y costos totales disminuye, hasta hacerse 0 en el punto q_0. Sobre ese nivel de actividad, los ingresos son inferiores a los costos totales.

En el Gráfico 9.6, se observa cómo aumenta el nivel de actividad máximo que es posible realizar ($q_1 - q_0$) con los recursos disponibles ante una reducción de los costos totales ($C_0 - C_1$).

Gráfico 9.6
Cambio en el punto de equilibrio ante una reducción de costos



Si un proyecto de racionalización logra una reducción de costos como la del Gráfico 9.6, la cantidad de actividad que podría ser desarrollada con la misma disponibilidad presupuestaria aumenta de q_0 a q_1.

En cualquiera de estos casos, la forma de calcular la rentabilidad a nivel de perfil se debe hacer para un volumen estático de producción y ventas, por cuanto los costos fijos son válidos solo dentro de un rango y su estructura sube para adecuarse al nuevo nivel de producción.

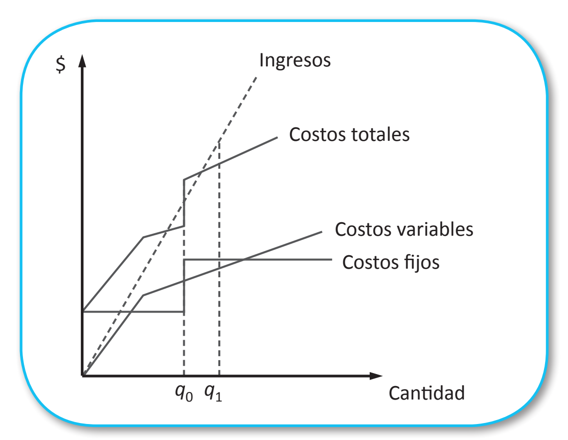
De la misma manera, el costo variable unitario se mantiene constante dentro de un determinado rango. Sobre él, este costo puede subir o bajar, dependiendo de si el mayor volumen de operación genera economías o deseconomías de escala para la empresa.

El Gráfico 9.7 muestra las relaciones que se dan entre los costos e ingresos del proyecto en distintos niveles de producción y ventas.



Gráfico 9.7

Puntos de equilibrio con cambios en las estructuras de costos



Nótese que, al reconocer la variabilidad de los costos fijos y variables, puede encontrarse más de un punto de equilibrio y que, por otra parte, un tamaño mayor (q_1) puede tener menor rentabilidad que un volumen de producción menor (q_0). Esto es especialmente importante en proyectos de ampliación, donde la situación con proyecto podría mostrar una rentabilidad positiva (en q_1), aunque es menor que la observada en la situación base o sin proyecto (en q_0). Sin embargo, es necesario considerar otras variables, como por ejemplo que dejar demanda insatisfecha (la diferencia entre q_1 y q_0) baja las barreras a la entrada de nuevos competidores que podrían acceder no solo a estos consumidores no satisfechos por la empresa, sino incluso a otros que son actualmente cubiertos en la situación base.

Ejemplo 9.14

Un instituto de capacitación dispone de una sala de clases sin asignar con capacidad para 30 alumnos. Si dicta un curso, su punto de equilibrio es de 14 alumnos. Si asisten 30, obviamente tendrá un muy buen resultado. Si se postulan 32 personas, es posible ocupar la sala en dos horarios diferentes, por ejemplo, con 16 alumnos cada uno. Si el punto de equilibrio es de 14, es rentable cada curso de 16 alumnos. Sin embargo, es fácil apreciar que un curso de 30 alumnos es más rentable que dos de 16, ya que por solo dos matrículas se deben duplicar todos los costos fijos.

Aunque no es muy frecuente incorporar el efecto del financiamiento a nivel de perfil, la solución es simple e interesante de analizar. Para ello, basta con incorporar los intereses sobre la deuda antes de impuestos como un costo más. De esta forma, la Ecuación 9.14 se corrige como sigue.

$$Rp' = (p * q - cv * q - CF - D - kIp)\,(1 - t) + D - rIa - (I - VD_n) / n \qquad (9.15)$$

Donde *Rp* representa la rentabilidad promedio de los recursos propios; *k*, la tasa de interés del préstamo; *lp*, la parte de la inversión total financiada con préstamo; *r*, la rentabilidad exigida a los recursos propios invertidos en el negocio, e *la*, la parte de la inversión total financiada con recursos propios.

Cuando se calculó el VEA, la rentabilidad del proyecto se determinó en $8.000 por sobre lo exigido a la inversión total. Este valor, en una evaluación a nivel de perfil basada en datos estimados, corresponde a la rentabilidad de toda la inversión, no importa cómo se financie. Es decir, el proyecto generaría una rentabilidad porcentual superior al 12%. Para calcular la rentabilidad porcentual, se sigue el mismo criterio que el empleado en el cálculo de la TIR. Es decir, se busca el que haga al resultado *Rp* igual a 0. En otras palabras, se busca determinar hasta qué tasa de retorno sobre la inversión podría entregar el proyecto.

$$0 = 40.000\ (0{,}85) + 10.000 - i(200.000) - 12.000$$

Al despejar el factor *i*, se obtiene un resultado de 16%, que corresponde a la rentabilidad anual perpetua que reporta el proyecto sobre la inversión total.

Suponiendo que 75% de la inversión se financia con préstamos al 8% de interés anual, el gasto financiero ascendería a $12.000 (8% de 150.000). Luego, la rentabilidad de los recursos propios invertidos en el proyecto (25% de los $200.000) se determina reemplazando *Rp* por 0 y calculando el factor *r* como sigue.

$$0 = (40.000 - 12.000)\ (0{,}85) + 10.000 - r(50.000) - 12.000$$

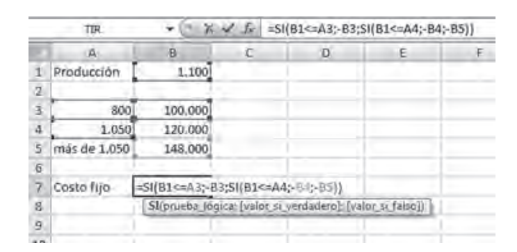
Al despejar el factor *r* en la Ecuación 9.15, se obtiene 43,6%, que representa la rentabilidad promedio anual de los recursos propios invertidos en el proyecto.

El supuesto básico de este procedimiento es que la empresa mantiene una estructura de deuda a capital constante en el tiempo, por lo que el interés sobre la deuda se mantiene a perpetuidad al no amortizarse el préstamo.

De la misma forma como se calcularon *i* y *r*, es posible determinar la cantidad, la tarifa o un costo de equilibrio. Posiblemente, también haya que considerar cambios en las inversiones sobre cierto nivel de actividad, lo que modificará las depreciaciones y, en consecuencia, los impuestos. En una hoja Excel, el cálculo de cualquiera de estas variables se simplifica con el uso de la función **Buscar objetivos**.

Ejemplo 9.15

Si los costos fijos ascienden a $100.000 entre 1 y 800 unidades producidas, a $120.000 entre 801 y 1.050, y a $148.000 entre 1.051 y 1.300, que es el máximo nivel esperado de actividad en un escenario optimista, la celda donde va el valor del costo fijo debe tener la siguiente función condicional.



TIR =SI(B1<=A3;-B3;SI(B1<=A4;-B4;-B5))

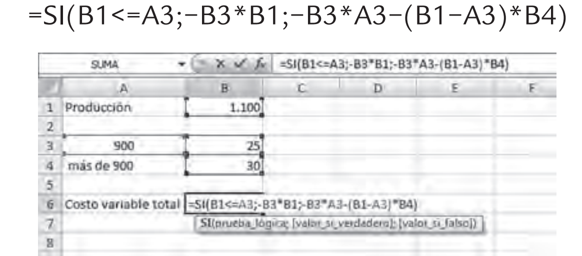
	A	B	C	D	E	F
1	Producción	1.100				
2						
3	800	100.000				
4	1.050	120.000				
5	más de 1.050	148.000				
6						
7	Costo fijo	=SI(B1<=A3;-B3;SI(B1<=A4;-B4;-B5))				
8		SI(prueba_lógica; [valor_si_verdadero]; [valor_si_falso])				
9						

En el caso de un costo variable unitario que presenta deseconomías de escala solo sobre las unidades marginales (como la compra de leche cuando no existe suficiente disponibilidad en la zona donde se ubica el proyecto), la celda del costo variable unitario deberá contener esta condición.

Ejemplo 9.16

Suponga que, en un proyecto, los primeros 900 litros de leche se pueden comprar a $25 el litro en la localidad donde se ubicará el proyecto. Cualquier unidad adicional crece a $30 por el incremento en los costos de transportarla hasta la planta. La celda donde va el costo variable tendrá que contener la siguiente función condicional.

=SI(B1<=A3;−B3*B1;−B3*A3−(B1−A3)*B4)



SUMA =SI(B1<=A3;-B3*B1;-B3*A3-(B1-A3)*B4)

	A	B	C	D	E	F
1	Producción	1.100				
2						
3	900	25				
4	más de 900	30				
5						
6	Costo variable total	=SI(B1<=A3;-B3*B1;-B3*A3-(B1-A3)*B4)				
7		SI(prueba_lógica; [valor_si_verdadero]; [valor_si_falso])				
8						

Cuando la variación en el costo variable se aplica al total de las unidades –por ejemplo, cuando la compra en cantidades inferiores a 800 unidades debe hacerse a un minorista que cobra $32 por cada una, pero sobre ese nivel todas se pueden comprar a mayoristas a un precio de $28 la unidad–, la función condicional queda como:

=SI(B1<=A3;−B3*B1;−B4*B1)

SUMA =SI(B1<=A3;-B3*B1;-B4*B1)

	A	B	C	D	E
1	Producción	1.100			
2					
3	800	28			
4	más de 800	32			
5					
6	Costo variable total	=SI(B1<=A3;-B3*B1;-B4*B1)			
7		SI(prueba_lógica; [valor_si_verdadero]; [valor_si_falso])			
8					

Obviamente, como en el caso de los costos fijos, los variables también pueden incorporar varios rangos.

9.5 Valuación de opciones aplicada a la evaluación de proyectos

La empresa y los inversionistas estarán dispuestos a destinar recursos a un proyecto siempre que la inversión tenga un retorno que les satisfaga. Sin embargo, el retorno esperado está sujeto al comportamiento o volatilidad de una gran cantidad de variables. El supuesto que adoptan todos los modelos de valoración de opciones es que resulta posible predecir la volatilidad.

Además de determinar si es o no rentable un proyecto, se deberá, en muchos casos, evaluar si podría ser más conveniente postergar la inversión o, si ya estuviera realizada, ampliarla, modificarla, reducirla o incluso abandonarla, si los resultados logrados no fuesen los esperados.

Frente a la imposibilidad de predecir con exactitud este comportamiento en la evaluación de un proyecto, se aplica el mismo criterio general propuesto por Black y Scholes en 1973[9] para proporcionar al decisor la máxima información posible. En este sentido, se supone que mientras mayor sea la volatilidad o incertidumbre, mayor será el interés por tener una opción.

Si una empresa, por ejemplo, evalúa la incorporación de más equipos de fábrica para elaborar un nuevo producto, se enfrenta a dos alternativas tecnológicas: una más cara, que tiene una duración de 15 años, y otra más barata, pero que se debe sustituir cada tres años. Sin embargo, no siempre optará por la que parezca más rentable. Si en este caso la máquina de mayor vida útil conduce a un VAN mayor que el que se obtendría con la adquisición de la máquina más barata y que debe sustituirse cinco veces para igualar la vida útil de 15 años de la otra, es posible que algunos inversionistas deseen esta última, por cuanto valoran la opción que tendría dentro de tres años para abandonar o redireccionar el proyecto.

Especialmente en empresas que enfrentan un alto grado de cambio tecnológico, la decisión de una u otra tecnología se podrá basar en el valor que se otorga a la flexibilización de una decisión tomada. Si este valor es superior a la diferencia de VAN, se optará por la que permite la mayor flexibilización, y si este valor es inferior, se elegirá el proyecto de mayor VAN. Haciendo una analogía con la teoría de opciones en los mercados financieros, Dixit y Pindyck[10] valoran la espera de la opción para una mejor información. Por ejemplo, si en tres años más se ve consolidado el mercado o se estima más estable el cambio tecnológico, en ese momento se podrá optar por sustituir la máquina de menor vida útil por la de mayor duración. Si se invierte en esta última por ser más rentable y en tres años más se observa un comportamiento del mercado o de la tecnología contrario al señalado, la empresa podría enfrentarse a un pésimo proyecto si la inversión tiene el carácter de irreversible.

---

9 Fischer Black y Myron Scholes, “The pricing of options and corporate liabilities”, *Journal of Political Economy*, vol. 81, núm. 3, 1973.

10 Avinash Dixit y Robert Pindyck, *Investment Under Uncertainty*, Princeton (NJ), Princeton University Press, 1995.

La aplicación de modelos de valoración de opciones, como complemento al VAN para apoyar la toma de una decisión de inversión, se fundamenta en que el VAN ignora tanto la irreversibilidad como la conveniencia de postergar una inversión.

Las opciones reales consideran que los proyectos son dinámicos y que podrían existir oportunidades para modificar la decisión inicial si fuese posible mejorar el resultado cuando las condiciones supuestas en la formulación hubieran cambiado. Si la definición de las características del proyecto proveyó esta posibilidad, entonces tiene un valor asociado que debe ser incluido.

La valuación de opciones denomina *call* a la opción de compra, que consiste en un contrato que da al poseedor el derecho, pero no la obligación, de comprar algo a un precio definido y en una fecha determinada.

Una empresa, basándose solo en el criterio del VAN, puede enfrentar una oportunidad de inversión de manera similar a una opción de compra, es decir, tiene el derecho, pero no la obligación, de invertir en un proyecto. Cuando decide aceptar un proyecto caracterizado por una inversión irreversible, estaría ejerciendo su opción de invertir sabiendo que no puede desinvertir aunque las condiciones cambien afectando negativamente los resultados del proyecto; por ejemplo, al tomar por 30 años la concesión para construir y mantener una carretera.

Para Alzugaray[11], este valor de la opción perdida es un costo de oportunidad que debe ser incluido como parte de una inversión, donde su irreversibilidad afecta la decisión de aprobar un proyecto.

Respecto del valor de la flexibilidad, probablemente cada inversionista estará dispuesto a asumir diferentes costos (menor rentabilidad esperada) para tener una oportunidad de inversión flexible en vez de inflexible.

La posibilidad de posponer el inicio de la inversión en un proyecto –situación de mayor flexibilidad– se produce por dos elementos que el VAN no considera:

1. Que el proyecto puede presentar flujos iniciales menores que el costo de capital exigido a la inversión, aunque el VAN sea positivo.
2. Que puede existir una importante incertidumbre respecto de la evolución de los mercados y la tecnología, aun cuando el VAN sea positivo y los flujos iniciales excedan el costo de capital exigido.

En el primer caso, se deberá complementar la información proporcionada por el VAN mediante la aplicación de un modelo denominado rentabilidad inmediata, que mide el retorno sobre la inversión de cada año mediante $Ft \, / \, It - 1$, donde Ft es el flujo

11 Angélica Alzugaray, *Método Black & Scholes para la valuación de opciones aplicadas a la evaluación de proyectos de inversión*, http://www.uas.mx/departamentos/publicaciones/TEXTOS/black.htm, 1999.

del periodo t e $It - 1$ es la inversión que se realizaría en el periodo anterior para obtener ese flujo, suponiendo que la inversión es pospuesta de año en año. Este instrumento se analiza con detalle en el Capítulo 11.

En el segundo caso, se deberá determinar la rentabilidad dejada de percibir por postergar una inversión rentable, lo que debe servir como información al decisor para que evalúe si está dispuesto a asumir ese costo de oportunidad a cambio de una mayor flexibilidad.

Mientras que el primer caso se aplica a proyectos cuya inversión puede tener el carácter de reversible o irreversible, el segundo corresponde aplicarlo cuando se está frente a un proyecto con inversión irreversible. En ambos casos, será preciso analizar que al postergar se pueda perder la posibilidad de liderar la introducción del proyecto al mercado, si existen otros agentes económicos dispuestos a asumir el riesgo de la inflexibilidad e ingresar antes a ese mismo mercado.

En la evaluación de proyectos, se pueden identificar cuatro tipos principales de opciones reales:

1. Las que permiten con posterioridad efectuar inversiones adicionales (ampliación o hacer en vez de comprar), si se observa en el futuro una demanda mayor que la presupuestada, ya sea una ampliación por agregación de activos complementarios o una sustitución de activos originales por otros de mayor capacidad de producción. A este tipo de opciones se las denomina opción de compra.
2. Las que permiten postergar una inversión mientras se reúne más información o se espera el cumplimiento de ciertas condiciones, como reacciones del mercado, la estabilización del tipo de cambio o la aparición de nuevas tecnologías anunciadas. Se tratan también como una opción de compra.
3. Las que permiten abandonar o reducir una inversión si la demanda observada es menor que la proyectada. Estas equivalen a una opción de venta y se asocian con proyectos de desinversión: abandono, *outsourcing* o reemplazo de tecnologías mayores por otras menores.
4. Las que permiten modificar el producto o servicio para adecuarlo a cambios en la demanda (como el destino de uso de tierras agrícolas).

Mientras que las opciones de abandono son más relevantes en empresas con alta inversión de capital, donde es importante la flexibilidad para obtener un buen precio de venta de los activos, la opción de ampliar o reducir el nivel de actividad con facilidad lo es para proyectos con demanda cambiante. De igual manera, mientras más inciertos sean los flujos del proyecto o cuando la inversión realizada tenga el carácter de irreversible, mayor será la relevancia de la posibilidad de postergar la inversión.

En un entorno muy incierto, la gestión de la flexibilidad y la adaptación estratégica son aspectos fundamentales para capitalizar con éxito las oportunidades futuras de inversión y limitar pérdidas derivadas de mercados adversos.

El valor de un proyecto que considere opciones reales se calcula por:

$$VP_r = VAN_p + VAVOR - VACO \tag{9.16}$$

Donde VP_r es el valor del proyecto; VAN_p, el valor actual neto del proyecto original, o sea, sin incluir la posibilidad de cambio futuro; *VAVOR*, el valor actual del valor de la opción real, y *VACO*, el valor actual del costo que deberá asumirse por tener derecho a la opción.

Para calcular el valor de las opciones reales, se usan las herramientas de valoración de opciones financieras, que toman en consideración seis elementos: el activo subyacente, el precio del ejercicio, los dividendos, el vencimiento, la desviación y la tasa de interés.

1. El activo subyacente en la evaluación de un proyecto está dado por el tipo de inversión y la opción que se está analizando. Si la opción es postergar el inicio de una inversión, el activo subyacente corresponde al valor actual del flujo del proyecto.
2. El precio del ejercicio es el costo relevante de la acción que se vaya a realizar. Si la opción fuese postergar la inversión, el precio del ejercicio será el valor actual del flujo del proyecto. Si la opción fuese la de abandonar, el precio del ejercicio será el valor de venta, neto de impuestos, de los activos comprometidos en la inversión.
3. Los dividendos, en un proyecto, corresponden al flujo de caja proyectado. Si la opción es postergar, el dividendo se asimila a los flujos iniciales que se dejan de recibir al no invertir, por no tomar la opción de compra.
4. El vencimiento de la opción es el plazo durante el cual es posible tomar o retrotraer una inversión. Si la opción es postergar, el vencimiento corresponde al tiempo máximo que esta se puede diferir.
5. La desviación se mide como la varianza del activo subyacente o valor del proyecto.
6. La tasa de interés se considera similar a la tasa libre de riesgo, tal como lo hace la valuación de opciones financieras.

Cuando se calcula solo el VAN del proyecto, se concluye la conveniencia de invertir ahora o no hacerlo nunca. Si el mismo proyecto permite esperar un tiempo para observar el comportamiento de las variables críticas sin correr el riesgo de perder posiciones estratégicas de competitividad, se asume que esta libertad tiene un valor que debe incorporarse al análisis. Por ejemplo, aunque el VAN sea positivo con una determinada inversión en terrenos o en infraestructura, podría darse el caso de que un

cambio en las condiciones a futuro haga conveniente expandir el proyecto aumentando aún más el VAN. Si el tamaño del terreno o de la infraestructura no permitiera la ampliación, ese VAN marginal podría no lograrse. Si, por el contrario, se decide hacer una inversión inicial mayor, aunque tenga capacidad ociosa y reduzca el VAN, debe sumársele un valor al hecho de que pueda expandirse a futuro.

La inversión adicional que debe hacerse para tener esta opción corresponde a la prima que se paga por ejercer una opción de compra, donde el tomador (inversionista) adquiere el derecho de comprar (invertir), pero no la obligación de hacerlo[12]. La flexibilidad para abandonar oportunamente se denomina opción de venta. En este caso, el tomador paga una prima para poder ejercer el derecho a abandonar su proyecto si los resultados no cumplen con sus expectativas.

El precio de una opción (prima) depende de varios factores: el precio del ejercicio, la fecha de expiración, el precio del activo subyacente (VAN del proyecto que, aunque está calculado, es incierto), la variabilidad del precio del activo subyacente (principal debilidad del modelo de valorización con opciones porque se basa en supuestos de escenarios futuros) y la tasa de interés.

Una forma para calcular la prima o valor de una opción es el modelo binomial, que considera dos posibilidades al momento del vencimiento: que el precio del activo subyacente suba o que baje. Para cada escenario (uno optimista y otro pesimista) se calcula una probabilidad de ocurrencia, considerando el flujo de un solo periodo, recurriendo a la derivación de la siguiente ecuación.

$$F = \frac{F_f * \alpha + F_d(1 - a)}{1 + r} \qquad (9.17)$$

Donde F es el valor esperado del flujo; F_f, el flujo del primer año en un escenario favorable; F_d, el flujo del primer año en un escenario desfavorable; α, la probabilidad del escenario favorable, y r, la tasa libre de riesgo.

Expresando los flujos del primer periodo como una variación respecto del original, se obtiene:

$$F = \frac{F * f * \alpha - F * d * \alpha}{1 + r} \qquad (9.18)$$

12 Se define como una opción de compra europea aquella donde el tomador puede ejercer su opción en una fecha futura determinada. La opción de compra americana es aquella donde el tomador puede ejercer su opción de compra en cualquier momento hasta una fecha determinada. Obviamente, esta última da más libertades de acción, lo que explica por qué es más cara que la europea.

Donde f es la variación porcentual asignada a un escenario favorable y d es la variación porcentual asignada a un escenario desfavorable.

Despejando α, resulta:

$$\alpha = \frac{(1 + r) - d}{f - d} \tag{9.19}$$

Ejemplo 9.17

Si se define el escenario favorable como 20% mejor de lo esperado, el desfavorable como 15% inferior al esperado y suponiendo una tasa libre de riesgo de 4%, la probabilidad de ambos escenarios sería:

$$\alpha = \frac{(1 + 0,04) - 0,85}{1,20 - 0,85}$$

Por lo tanto, $(1 - \alpha) = 0,4571$.

Si la inversión inicial del proyecto fuese de $12.000, el flujo de 10 años, de $1.900 anuales, y la tasa de descuento, de 8%, el VAN sería de $749,15.

En el escenario optimista, al flujo se le agrega 20% (1.900 * 1,2), con lo que el VAN sube a $3.298,99.

En el escenario desfavorable, se le resta 15% (1.200 * 0,85), con lo que se obtiene un VAN negativo de $1.163,22.

Como en el escenario desfavorable el VAN es negativo, el inversionista puede optar por no realizar la inversión si al cabo de un año el resultado del flujo fuese efectivamente menor que el esperado. Si el proyecto puede postergar un año su inversión, el VAN al esperar puede ser de $0 (si no se hace) a $3.298,99. El valor de la opción de postergar (valor esperado del flujo del primer año descontado a la tasa libre de riesgo) sería de:

$$VO = \frac{VANf * \alpha + VANd * (1 - a)}{1 + r} \tag{9.20}$$

Donde VO es el valor de la opción.

Reemplazando, se tiene que el valor de la opción es:

$$VO = \frac{3.298,99 * 0,5429 + 0 * 0,4571}{1,04} = 1.722,13$$

Como el VAN del proyecto es de $749,15, el valor de la flexibilidad que otorga la opción es el valor que agregaría al VAN:

$$1.722{,}13 - 749{,}15 = 972{,}98$$

Como puede observarse, el modelo teórico es impecable, pero en la práctica queda sujeto al juicio subjetivo del evaluador para definir los escenarios favorables y desfavorables.

Preguntas y problemas

9.1 Explique el concepto de valor tiempo del dinero.

9.2 Explique la diferencia entre un valor actual y un valor inicial, y señale a cuál de los dos se refiere el Excel o las calculadoras financieras con la función **VA**.

9.3 Explique la diferencia entre un valor futuro y un valor final, y señale a cuál de los dos se refiere el Excel o las calculadoras financieras con la función **VF**.

9.4 Explique los conceptos de capitalización y actualización.

9.5 ¿Cómo se interpreta un VAN positivo?

9.6 ¿Puede un proyecto con VAN negativo tener una alta rentabilidad?

9.7 ¿Qué supuestos contiene el VAN cuando los flujos de un año son negativos?

9.8 Enuncie las principales razones por las cuales se critica la validez de la TIR.

9.9 ¿Puede un proyecto tener un VAN negativo y una TIR superior a la tasa de rentabilidad exigida?

9.10 ¿Qué indica un proyecto con VAN > 0 y TIR > 0?

9.11 ¿Qué indica un proyecto con VAN = 0 y TIR > 0?

9.12 ¿Qué indica un proyecto con VAN < 0 y TIR > 0?

9.13 ¿Qué indica un proyecto con VAN < 0 y TIR = 0?

9.14 ¿Qué indica un proyecto con VAN < 0 y TIR < 0?

9.15 Explique el concepto de costo-efectividad.

9.16 Explique la relación que existe entre el VAN y el índice beneficio-costo.

9.17 Analice el concepto de valor económico agregado y las formas para incrementar la utilidad neta de la operación.

9.18 ¿Cuáles son las críticas que se le hacen al VEA como instrumento de evaluación de proyectos?

9.19 ¿Por qué se dice que la depreciación equivale a la reposición promedio anual de activos para mantener la capacidad operativa del proyecto?

9.20 Explique las alternativas para incluir un factor que considere la reposición promedio anual de activos.

9.21 Explique cómo se puede utilizar el modelo de valuación de opciones en la evaluación de proyectos.

9.22 ¿Qué es un activo subyacente en la evaluación con opciones de un proyecto?

9.23 ¿Qué es el precio del ejercicio en la evaluación con opciones de un proyecto?

9.24 ¿Qué es un dividendo en la evaluación con opciones de un proyecto?

9.25 ¿A qué corresponde el vencimiento de la opción en la evaluación con opciones de un proyecto?

9.26 ¿A qué corresponde la desviación en la evaluación con opciones de un proyecto?

9.27 ¿A qué corresponde la tasa de interés en la evaluación con opciones de un proyecto?

9.28 Calcule el valor final de un depósito inicial de $10.000 al 12% anual, que se mantiene por cinco años.

9.29 ¿Qué monto debe depositarse hoy a una tasa anual de 15% para que al cabo de seis años se logre acumular $22.000?

9.30 ¿A qué tasa se debe hacer una inversión hoy para que al cabo de ocho años triplique su valor?

9.31 ¿En cuánto tiempo una inversión de $20.000 se duplica si puede depositarse al 6% anual?

9.32 Si un proyecto financia $100.000 de su inversión con un préstamo al 11% de interés anual, ¿de qué monto debe ser la cuota para amortizar la deuda en seis años?

9.33 Una inversión de $30.000 permite recibir a cambio cinco cuotas iguales de $7.000. ¿Qué tasa de interés se está ganando?

9.34 Si se desea acumular $300.000 en ocho años, ¿a qué tasa de interés se deben invertir ocho depósitos de $18.000 cada uno?

9.35 ¿Qué monto acumularán 12 depósitos iguales de $16.000 a una tasa de interés de 6% anual?

9.36 Calcule y explique el VAN de un proyecto que presenta los siguientes flujos anuales si se exige a la inversión un retorno de 12% anual: −5.000, 500, 800, 1.300, 1.800, 2.200, 2.600, 3.000.

9.37 Calcule en cuánto tiempo se recupera la inversión del Ejercicio 9.36.

9.38 Calcule y explique la TIR de un proyecto que tiene los siguientes flujos anuales: −1.000, −300, −100, 800, 800, 800, 800.

9.39 Calcule en cuánto tiempo se recupera la inversión del Ejercicio 9.38.

9.40 En un proyecto de externalización, se estima posible vender un activo que se dejaría de ocupar en $10.000 neto de impuestos y ya totalmente depreciado. Su vida útil es de ocho años y la empresa exige un retorno de 10%. El servicio externo obliga a aumentar los costos anuales en $2.000. Calcule el VAN y la TIR, y explique el resultado.

9.41 Para los datos del Ejercicio 9.40, repita los cálculos si el costo externo aumentase en $400 anuales.

9.42 Determine la opción más conveniente entre las dos alternativas que se exponen a continuación.

- Alternativa 1: la investigación de mercados definió ventas anuales posibles de 430.000 unidades a un precio unitario de $260 cada una, pagando una comisión de venta de 1%. El estudio de costos calculó que para ese nivel de operación podrían esperarse los siguientes costos variables: material directo, $60; mano de obra directa, $40, y gastos de fabricación, $20. Los costos fijos anuales de fabricación, administración y ventas alcanzan los $22.000.000. Se incluye el alquiler de edificios, bodegas y oficinas, ya que la única inversión prevista es la de los equipos de producción. Además, contablemente, se deben considerar $8.000.000 de depreciación anual. La inversión en equipos alcanza los $80.000.000, a los que se exige una rentabilidad de 12% anual. Todos tienen una vida útil de 10 años, al cabo de los cuales tendrán un valor de desecho estimado en $25.000.000. Para fines contables, se deprecian total y linealmente en 10 años. Los impuestos ascienden al 15% de las utilidades.
- Alternativa 2: en el estudio técnico, se detectó la existencia de un equipo menor, con capacidad de hasta 400.000 unidades anuales. Si bien esta máquina deja demanda insatisfecha, esto permitiría subir el precio de venta a $280, y aprovechar deseconomías de escala que permitirían reducir el costo del material directo a $50. Los costos fijos de esa alternativa alcanzarían los $18.000.000 por año. Este equipo costaría $72.000.000 y se estima que al final de su vida útil tendrá un valor de desecho de $28.000.000. Se deprecia también en 10 años.

Capítulo 10

Riesgo e incertidumbre

Los resultados que se obtienen al aplicar los criterios de evaluación no miden con exactitud la rentabilidad del proyecto, sino solo la de uno de los tantos escenarios futuros posibles. Los cambios que casi con certeza se producirán en el comportamiento de las variables del entorno harán que sea prácticamente imposible esperar que la rentabilidad calculada sea la que efectivamente tenga el proyecto implementado. Por ello, la decisión sobre la aceptación o el rechazo de un proyecto debe basarse, más que en el VAN positivo o negativo, en comprender el origen de la rentabilidad de la inversión y del impacto de la no ocurrencia de algún parámetro considerado en el cálculo del resultado.

El proyecto, especialmente cuando es muy rentable, tendrá que considerar la reacción de los competidores que intentarán imitar u ofrecer sustitutos al producto exitoso, los proveedores que tratarán de participar en este éxito subiendo los precios de los insumos e, incluso, los propios trabajadores que presionarán por mejoras salariales ante los positivos resultados del negocio. La posibilidad de estas reacciones debe preverse mediante el análisis de sensibilización de la rentabilidad a cambios, dentro de rangos probables, en los supuestos que determinaron las estructuras de costos y beneficios.

Anticipar estas variaciones permite a la empresa no solo medir el impacto que podrían ocasionar en sus resultados, sino también reaccionar adecuadamente creando, por ejemplo, las barreras a la entrada de nuevos competidores o tomando medidas para enfrentar la presión de proveedores y trabajadores, como la opción de internalizar procesos provistos por terceros o hacer *outsourcing* de tareas internas cuando su costo sea superior al contrato externo.

El principal problema de los modelos de riesgo para enfrentar esta situación radica en que básicamente consideran información histórica para suponer, por ejemplo, probabilidades de ocurrencia que podrían asignarse a los flujos de caja proyectados.

La tolerancia al riesgo, la posición financiera del inversionista, la diversificación de sus otras inversiones y el plazo de la recuperación de la inversión, entre otros factores, condicionan la toma de decisiones entre diferentes inversionistas que evalúan un mismo proyecto. Un análisis equilibrado del riesgo con el rendimiento esperado de una inversión evitará aceptar proyectos muy vulnerables, si se asume mucho riesgo, o perder oportunidades, por ser poco agresivos en la decisión.

Muchas variables son las que condicionan el grado de tolerancia al riesgo: la personalidad del inversionista, el horizonte de tiempo de la inversión, la disponibilidad de recursos físicos o financieros, e, incluso, la edad de quien decide. Generalmente, los inversionistas jóvenes asumen más riesgos justamente por trabajar con horizontes de tiempo más largos. Por lo mismo, la tolerancia al riesgo cambia con el tiempo, lo que obliga a reevaluar el riesgo al cambiar las circunstancias que lo determinaron en primera instancia.

En los capítulos anteriores, se supusieron comportamientos fijos para cada variable, lo que se conoce como decisiones bajo certidumbre. Sin embargo, siempre existirán dudas del cumplimiento del escenario proyectado.

En este capítulo, se analizan los conceptos de riesgo, incertidumbre y sensibilidad, y se exponen los principales instrumentos para tratarlos.

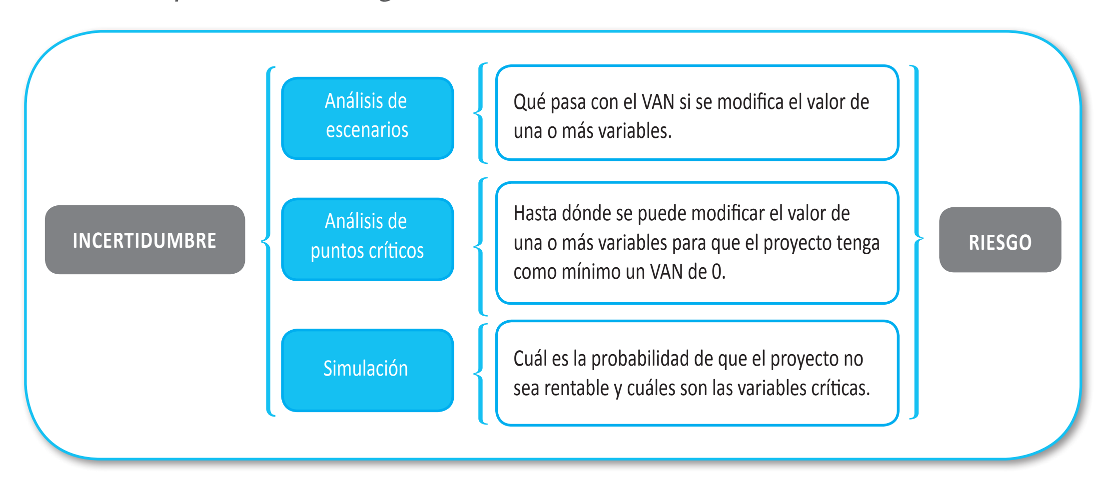
10.1 Análisis de inversiones en condiciones de riesgo e incertidumbre

En evaluación de proyectos, los conceptos de riesgo e incertidumbre se diferencian en que, mientras que el primero considera que los supuestos de la proyección se basan en probabilidades de ocurrencia que se pueden estimar, el segundo enfrenta una serie de eventos futuros a los que es imposible asignar una probabilidad. En otras palabras, existe riesgo cuando los posibles escenarios y sus resultados se conocen, y cuando hay antecedentes para estimar su distribución de frecuencia. Tal es el caso de la cantidad de madres que llegan a una clínica para tener un parto normal y terminan con cesárea, como se vio en el

Ejemplo 6.4 del Capítulo 6. Hay incertidumbre cuando los escenarios, o la distribución de frecuencia de sus resultados, se desconocen, como por ejemplo la posibilidad de que un avión caiga sobre una fábrica.

El evaluador de proyectos debe incorporar cualquier información adicional que permita al inversionista conocer las posibilidades de que su rentabilidad suba o baje por el riesgo, o la incertidumbre de que cambie el valor de cualquier variable pronosticada para medir dicha rentabilidad. Cuando el proyecto enfrenta condiciones de incertidumbre, se dispone de dos metodologías de análisis no excluyentes entre sí. Cuando enfrenta condiciones de riesgo, además de poder usar las dos anteriores, dispone de una potente herramienta que cuantifica el riesgo total de la inversión e identifica las variables pertinentes de las cuales depende el resultado de su proyecto, permitiendo, en consecuencia, tomar anticipadamente decisiones para su mitigación. Esquemáticamente, la Figura 10.1 resume estos métodos.

Figura 10.1
Herramientas para análisis de riesgo e incertidumbre



Los procesos de simulación pueden, a su vez, clasificarse de dos formas: simulación determinista o simulación aleatoria. En referencia a la simulación determinista, se denominan deterministas los procesos que, ante un mismo cambio en el valor de las variables, dan el mismo resultado. Los modelos de análisis de escenarios y de cálculo de puntos críticos caen bajo esta categoría. Una simulación aleatoria es aquella donde no se puede predecir el resultado, ya que depende de la distribución de probabilidades de cada variable y del valor probabilístico que asuma en cada análisis. Es el caso del modelo de simulación de Montecarlo.

10.2 Modelos de simulación deterministas

Aun cuando existen distintos modelos para efectuar un análisis de las probabilidades en proyectos que tienen riesgos, estos difícilmente se pueden validar en forma objetiva, como por ejemplo el resultado de lanzar una moneda al aire. En este sentido, los análisis de probabilidades en los proyectos no modifican los niveles de riesgo ni de incertidumbre, sino que generan información para ayudar al proceso de toma de decisiones. Con más información del mercado, de las opciones tecnológicas o de los efectos de una u otra localización, podría reducirse la incertidumbre si se toman las decisiones adecuadas para mitigarla.

La decisión de aceptar proyectos con mayor grado de riesgo se asocia, por lo general, con exigencias de mayor rentabilidad, aunque los inversionistas deseen lograr el retorno más alto posible sobre sus inversiones y, simultáneamente, obtener el máximo de seguridad en alcanzarlos. Lo importante es reconocer que cada individuo manifiesta preferencias particulares y diferenciadas de riesgo-recompensa.

La definición más común de riesgo es la de la variabilidad relativa del retorno esperado (o la desviación estándar del retorno esperado) respecto del retorno medio, en cuanto a la magnitud de la variación. Mientras más alta sea la desviación estándar, mayor será la variabilidad del retorno y, por consiguiente, el riesgo.

Las probabilidades que no se pueden verificar en forma objetiva se denominan probabilidades subjetivas. La más observada en la práctica es la que supone una distribución normal, que indica que, en 67,5% de los casos, los retornos caerán dentro de un rango que está entre el valor promedio del retorno ± una desviación estándar. Si al promedio se suman y restan dos desviaciones estándar, el intervalo incluirá 95% de los casos. Si se agregan o quitan tres desviaciones estándar, el intervalo incluirá 99% de los casos[1].

En una empresa en funcionamiento, es muy posible encontrar información, en sus registros de datos, que posibilite efectuar un análisis de riesgo de un nuevo proyecto, pero sobre el que se tienen experiencias previas. El análisis del riesgo mediante la desviación estándar sigue procedimientos distintos, según se trate de datos históricos o proyectados.

El procedimiento para calcular la desviación estándar en base histórica se aplica a diferentes elementos del proyecto: nivel de respuesta de la demanda que se amplía permanentemente a nuevos sectores geográficos, rentabilidad de una inversión replicable, etcétera. En estos casos, se busca estimar la variabilidad del resultado con base en los comportamientos históricos observados, para lo cual se usa la Ecuación 10.1.

1 En el Capítulo 3, se analizó este punto con detalle.

$$\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{n}\left(A_j - A_x\right)^2}{n-1}} \qquad (10.1)$$

Donde σ es la desviación estándar; A_j, el rendimiento de cada observación j; A_x, el rendimiento promedio de las observaciones, y n, el número de observaciones.

La desviación estándar al cuadrado, σ^2, se denomina varianza.

Ejemplo 10.1

Suponga que las rentabilidades promedios anuales sobre las inversiones repetitivas, en seis locales de venta de hamburguesas, son las que se muestran en la Tabla 10.1.

Tabla 10.1 ***Cálculo de las desviaciones sobre observaciones históricas***

Observaciones	Rendimiento observado (A_j) (%)	Rendimiento promedio (A_x) (%)	Desviación ($A_j - A_x$) (%)	Desviación cuadrada $(A_j - A_x)^2$ (%)
1	0,12	0,095	0,025	0,000625
2	0,13	0,095	0,035	0,001225
3	0,08	0,095	–0,015	0,000225
4	0,04	0,095	–0,055	0,003025
5	0,08	0,095	–0,015	0,000225
6	0,12	0,095	0,025	0,000625
Suma	0,57		0,000	0,005950

Sustituyendo estos valores en la Ecuación 10.1, se obtiene:

$$\sigma = \sqrt{\frac{0{,}00595}{5}} = \sqrt{0{,}00119} = 3{,}45\%$$

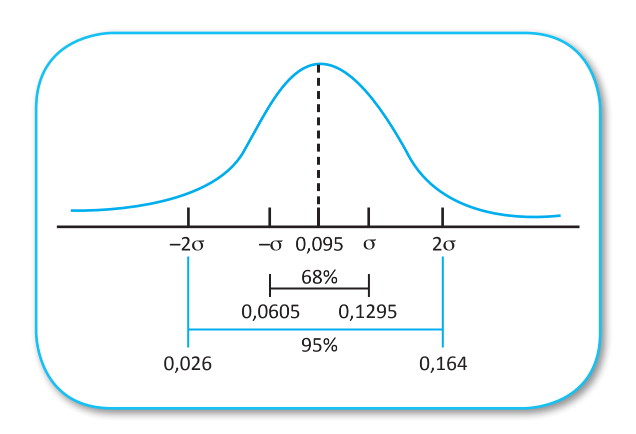
Esto indica que existe 67,5% de posibilidades de que la rentabilidad de un nuevo local de ventas se sitúe entre 9,5% ± 3,45% (o sea, entre 6,05% y 12,98%); y 95% de que esté entre 9,5% ± 2 * (3,45%) (o sea, entre 2,6% y 16,4%).

Cuando un resultado es de naturaleza aleatoria, la distribución normal sirve para calcular la probabilidad de que se sitúe en un determinado intervalo. Se utiliza principalmente porque la mayoría de las funciones se ajustan a la distribución ya

mencionada con anterioridad, sin dejar de reconocer la existencia de otras distribuciones de probabilidad, en las que el procedimiento a seguir es similar, es decir, la probabilidad que se desea obtener se logra integrando el intervalo del área bajo la curva deseada o utilizando las herramientas estadísticas correspondientes.

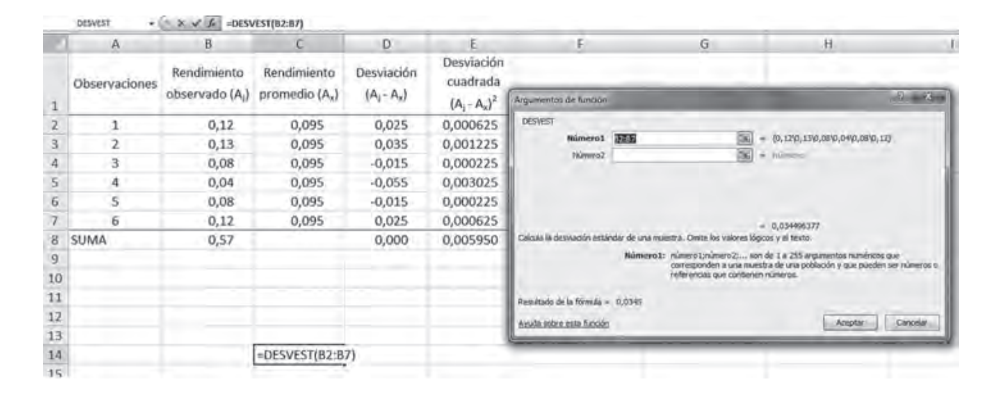
El Gráfico 10.1 muestra la distribución normal basada en los rendimientos observados en el historial de la empresa para los resultados del Ejemplo 10.1.

Gráfico 10.1
Distribución normal



Al usar una planilla Excel, la desviación estándar se obtiene directamente seleccionando *fx* en la barra de herramientas. Dentro de las funciones **Estadísticas** se elige **DESVEST** en **Nombre de la función**. En el cuadro de diálogo que aparece al pulsar **Aceptar**, se anota, en **Número 1**, el rango de resultados de los rendimientos observados. En la parte inferior del cuadro de diálogo aparece, en **Resultado de la fórmula**, la desviación estándar, tal como se muestra en la Figura 10.2.

Figura 10.2
Uso de la planilla de cálculo para determinar la desviación estándar



DESVEST =DESVEST(B2:B7)

	A	B	C	D	E
1	Observaciones	Rendimiento observado (A_i)	Rendimiento promedio (A_x)	Desviación (A_i - A_x)	Desviación cuadrada $(A_i - A_x)^2$
2	1	0,12	0,095	0,025	0,000625
3	2	0,13	0,095	0,035	0,001225
4	3	0,08	0,095	-0,015	0,000225
5	4	0,04	0,095	-0,055	0,003025
6	5	0,08	0,095	-0,015	0,000225
7	6	0,12	0,095	0,025	0,000625
8	SUMA	0,57		0,000	0,005950
9					
10					
11					
12					
13					
14			=DESVEST(B2:B7)		
15					

Para calcular la variabilidad de los resultados de una inversión, de acuerdo con los posibles escenarios futuros a los cuales se puede asignar una probabilidad de ocurrencia, el procedimiento para calcular la desviación estándar difiere del anterior, ocupando la siguiente ecuación.

$$\sigma = \sqrt{\sum_{k=1}^{n} (A_k - A_y)^2 * P_k} \qquad (10.2)$$

Donde A_k es el resultado esperado para cada escenario k, y A_y es el resultado promedio ponderado de los distintos escenarios respecto de la probabilidad P_k asignada a cada uno.

Ejemplo 10.2

Para una inversión de $20.000, una empresa identifica tres escenarios que condicionarían el valor actual de los flujos netos proyectados a los que asigna la probabilidad de ocurrencia que se muestra en la Tabla 10.2.

Tabla 10.2 ***Cálculo de las desviaciones sobre bases proyectadas***

Escenario (k)	Probabilidad (P_k) (%)	VA flujo de caja (A_k) ($)	Factor (A_k * P_k) ($)	Desviación ($A_k - A_y$) ($)	Desviación cuadrada $(A_k - A_y)^2$ ($)	Producto $P_k * (A_k - A_y)^2$ ($)
Expansión	40	$26.000	$10.400	$3.300	$10.890.000	$4.356.000
Normal	45	$22.000	$9.900	–$700	$490.000	$220.500
Recesión	15	$16.000	$2.400	–$6.700	$44.890.000	$6.733.500
		A_y =	$22.700		$56.270.000	$11.310.000

Reemplazando con estos valores la Ecuación 10.2, la desviación estándar resulta ser de $3.363.

Igual que el caso anterior, se concluye que el valor actual del flujo de caja estaría con 68% de posibilidades en el intervalo de $22.700 más $3.363 y $22.700 menos $3.363; o sea, entre $19.337 y $26.063. Con 95% de confianza, el intervalo estará entre $15.974 y $29.426. En ambos casos, como el límite inferior del intervalo muestra un valor actual del flujo menor que la inversión, se deduce que se obtendría un VAN menor que 0.

El valor esperado del VAN se calcula multiplicando el VAN de cada escenario por la probabilidad asignada, tal como se muestra en la Tabla 10.3.

Tabla 10.3 *Valor esperado del VAN*

Escenario	Inversión ($)	VA flujo de caja ($)	VAN ($)	Probabilidad (%)	Rendimiento esperado ($)
Expansión	−$20.000	$26.000	$6.000	40	$2.400
Normal	−$20.000	$22.000	$2.000	45	$900
Recesión	−$20.000	$16.000	−$4.000	15	−$600
Valor esperado del VAN					$2.700

Para obtener la probabilidad de un rendimiento positivo del proyecto, se debe encontrar el punto donde el VAN se hace 0. Si al valor esperado de $2.700 se le resta una desviación estándar de $3.363, resulta el valor −$663. Dado que desde la media hacia la derecha se tiene 50% de probabilidad (por propiedad de simetría de esta función), se debe, en primer lugar, encontrar a cuántas desviaciones de la media se halla este punto, para lo cual se divide el valor esperado por la desviación

$$\frac{VE}{\sigma} = \frac{2.700}{3.363} = 0{,}8$$

Donde *VE* es el valor esperado.

Este resultado expresa que se necesita 80% de una desviación estándar para encontrar el punto donde el VAN es 0. Una desviación estándar hacia la izquierda tiene una probabilidad de 34% (debido a la propiedad de simetría de la función de probabilidad normal, es decir, 68% ÷ 2). Al extrapolar, si se obtiene 80% de este 34% y al resultado se le añade el 50%, la probabilidad de obtener un VAN igual o superior a 0 es:

$$0{,}8 * 0{,}34 + 0{,}5 = 0{,}772$$

Esto significa que existe 77,2% de probabilidad de obtener un VAN igual o superior a 0.

Cuando se comparan proyectos con consideraciones de riesgo, existen algunos criterios que logran simplificar el proceso decisorio: los de dominancia, nivel de aspiración, valor esperado y equivalencia de certeza.

En cuanto al criterio de dominancia, cuando en todos los escenarios el resultado esperado de una alternativa *X* es mejor que el de otra *Y*, se dice que la primera domina a la segunda y, por lo tanto, se descarta *Y*.

Ejemplo 10.3

Una empresa enfrenta cuatro opciones de inversión cuyos VAN se calcularon en función de cinco escenarios posibles a los que se asignó la probabilidad que muestra la Tabla 10.4.

Tabla 10.4 ***Relaciones de VAN esperados para cada escenario por proyecto***

Escenario	Probabilidad (%)	VAN proyecto ($)			
		1	2	3	4
Recesivo	5	–$10.000	$0	–$15.000	–$3.000
Pesimista	15	–$4.000	$6.000	–$8.000	$5.000
Normal	40	$0	$7.000	$10	$11.000
Optimista	25	$6.000	$9.000	$90	$14.000
Expansivo	15	$9.000	$10.000	$180	$17.000

Como se puede observar, en todos los escenarios, el proyecto 2 domina al proyecto 1, por lo que este último se elimina.

Según el criterio de nivel de aspiración, se define un nivel de aspiración y después se busca el proyecto que maximiza la probabilidad de alcanzarlo. Si, en el mismo ejemplo anterior, con un criterio muy conservador, se plantea elegir el proyecto más seguro después de dar al inversionista el retorno exigido, se seleccionará el proyecto 2 por ser el único que cumple en todos los escenarios con esa condición.

En tanto, el criterio de valor esperado calcula el valor esperado de cada proyecto en función de la probabilidad asignada a cada escenario y al resultado proyectado. El valor esperado se calcula por:

$$E[VANx] = \sum_{k=1}^{n} VANx_k * P(k) \tag{10.3}$$

Donde es el valor $E[VANx]$ esperado del VAN de cada proyecto x, y $P(k)$ es la probabilidad de que ocurra el escenario k.

La Tabla 10.5 resume el valor esperado del VAN para los proyectos 2, 3 y 4. Se excluye el proyecto 1, por haberse eliminado por el criterio de dominancia.

Tabla 10.5 *Valor esperado del VAN para cada proyecto*

Proyecto	*E*[*VANx*]
2	0,05 * 0 + 0,15 * 6.000 + 0,40 * 7.000 + 0,25 * 9.000 + 0,15 * 10.000 = 7.450
3	0,05 * –15.000 + 0,15 * –8.000 + 0,40 * 1.000 + 0,25 * 9.000 + 0,15 * 18.000 = 3.400
4	0,05 * –3.000 + 0,15 * 5.000 + 0,40 * 11.000 + 0,25 * 14.000 + 0,15 * 17.000 = 11.050

Con este criterio, se elegiría el proyecto 4 por tener el mayor valor esperado del VAN.

El cuarto y último criterio que logra simplificar el proceso decisorio es el criterio de equivalencia de certeza, que corrige el resultado del valor esperado por un coeficiente de aversión al riesgo, mediante:

$$EC = E[VANx] - \alpha * \sigma[x] \tag{10.4}$$

Donde *EC* es el equivalente de certeza; α, el coeficiente de aversión al riesgo, y $\sigma[x]$, la desviación estándar del resultado.

Si

$$\sigma[x] = \sqrt{\Sigma(VANx)^2 * P(x) - (E[x])^2} \tag{10.5}$$

la varianza de cada proyecto sería la que se determina con la Tabla 10.6.

Tabla 10.6 *Cálculo de la varianza del VAN para cada proyecto*

Proyecto	*E*[*VANx*]
2	$0{,}05 * (0)^2 + 0{,}15 * (6.000)^2 + 0{,}40 * (7.000)^2 + 0{,}25 * (9.000)^2 + 0{,}15 * (10.000)^2 =$ 60.250.000
3	$0{,}05 * (-15.000)^2 + 0{,}15 * (-8.000)^2 + 0{,}40 * (1.000)^2 + 0{,}25 * (9.000)^2 + 0{,}15 * (18.000)^2 =$ 90.100.000
4	$0{,}05 * (-3.000)^2 + 0{,}15 * (5.000)^2 + 0{,}40 * (11.000)^2 + 0{,}25 * (14.000)^2 + 0{,}15 * (17.000)^2 =$ 144.950.000

Reemplazando con estos valores la Ecuación 10.4, y suponiendo un coeficiente de aversión al riesgo de 0,7, se obtienen los siguientes factores de equivalencia de certeza para los tres proyectos que se comparan.

Tabla 10.7 ***Cálculo del factor de equivalencia de certeza para cada proyecto***

Proyecto	$E[VANx] - \alpha * \sqrt{\sigma^2[x]} = Ec$
2	$7.450 - 0{,}7\sqrt{60.250.000} = 2.017$
3	$3.400 - 0{,}7\sqrt{90.100.000} = -3.244$
4	$11.050 - 0{,}7\sqrt{144.950.000} = 2.622$

Según este criterio, el proyecto 4 sería elegido, ya que presenta el mayor VAN en equivalencia de certeza.

El riesgo de invertir en un proyecto proviene de la imposibilidad de predecir los acontecimientos futuros. Cuando estos se conocen o son predecibles, el proyecto se tipifica como libre de riesgo. Los acontecimientos inesperados dan origen a dos tipos de riesgo: sistemático y no sistemático.

El riesgo sistemático, o riesgo de mercado (m), es aquel que afecta a todo el mercado, mientras que el riesgo no sistemático (ε) se asocia específicamente con el proyecto, empresa o pequeño grupo de empresas.

De acuerdo con esto, el rendimiento total de un proyecto se puede definir como:

$$R = E(R) + \varepsilon + m \tag{10.6}$$

Donde R es el rendimiento total; $E(R)$, el rendimiento esperado, y ε y m, las partes no sistemática y sistemática, respectivamente, de la parte no esperada del rendimiento.

En una empresa, el riesgo no sistemático atribuible a un proyecto no está vinculado con los riesgos no sistemáticos de otros proyectos. Esto explica el argumento de que la empresa reduce su riesgo total mediante la diversificación de las inversiones, haciendo insignificante el riesgo no sistemático e igualándolo, prácticamente, con el riesgo sistemático.

La forma de medir el nivel de riesgo sistemático es calculando el coeficiente beta (β), que indica la relación entre el riesgo sistemático de una inversión y el promedio del mercado. Un beta de 0,5 indica que la inversión tiene la mitad de riesgo sistemático que el promedio, mientras que un beta de 2,0 indica que es el doble.

El valor del beta de un sector determinado de la economía se calcula por la expresión

$$\beta i = \frac{Cov(Ri,Rm)}{Var(Rm)} \tag{10.7}$$

Donde βi es el beta del sector i; Ri, la rentabilidad observada en el sector i, y Rm, la rentabilidad del mercado.

Esta última se calcula generalmente como equivalente a la rentabilidad promedio del mercado bursátil.

La covarianza se calcula por la ecuación

$$Cov(Ri,Rm) = \frac{\sum_{t=1}^{n}(Ri_t - Ri)(RM_t - Rm)}{n}$$

Donde Ri_t es la rentabilidad del sector i en el periodo t; Rm_t, la rentabilidad del mercado en el periodo t, y n, el número de observaciones.

La varianza, por otra parte, se calcula por la ecuación

$$Var(Rm) = \frac{\sum_{t=1}^{n}(Rm_t - Rm)^2}{n-1}$$

Ejemplo 10.4

Con la información histórica recogida de los últimos ocho años, tanto de la industria como del mercado, se busca calcular el coeficiente beta de la industria donde se inserta la empresa. La rentabilidad promedio del sector y la global del mercado se muestran en las primeras dos columnas de la Tabla 10.8. Las siguientes se utilizan como hoja de cálculo para determinar tanto la $Cov(Ri,Rm)$ como la $Var(Rm)$.

Tabla 10.8 *Cálculo de la varianza y la covarianza*

Año	Ri_t	Rm_t	$Ri_t - Ri$	$Rm_t - Rm$	$(Ri_t - Ri)(Rm_t - Rm)$	$(Rm_t - Rm)^2$
2003	0,043000	0,07850	−0,042438	−0,030950	0,001313	0,000958
2004	0,060100	0,06930	−0,025338	−0,040150	0,001017	0,001612
2005	0,074100	0,07990	−0,011338	−0,029550	0,000335	0,000873
2006	0,098100	0,11610	0,012663	0,006650	0,000084	0,000044
2007	0,088900	0,14020	0,003463	0,030750	0,000106	0,000946
2008	0,096400	0,13320	0,010963	0,023750	0,000260	0,000564
2009	0,113200	0,12830	0,027763	0,018850	0,000523	0,000355
2010	0,109700	0,13010	0,024263	0,020650	0,000501	0,000426
Suma	0,683500	0,87560			0,004141	0,005779
Ri	0,085438					
Rm		0,10945				
Cov(*Ri*,*Rm*)					0,000518	
Var(*Rm*)						0,000826

Sustituyendo con esta información la Ecuación 10.8, se obtiene el siguiente coeficiente beta para el sector.

$$\beta = \frac{0{,}000518}{0{,}000826} = 0{,}627$$

En este ejemplo, el riesgo sistemático del sector equivale a 62,7% del riesgo promedio del mercado[2].

2 En una planilla electrónica como Excel, la covarianza y la varianza se calculan directamente mediante la opción **Insertar función** *fx*. En el cuadro de diálogo **Pegar función**, se seleccionan **Estadísticas** (en **Categoría de la función**) y **COVAR** (en **Nombre de la función**). Pulsando **Aceptar**, aparece el cuadro de diálogo **COVAR**, donde se anota en **Matriz 1** el rango de datos **Rit** y en **Matriz 2** el rango **Rmt**. La covarianza aparece al final del cuadro en **Resultado de la fórmula**. Para calcular la varianza, se sigue igual procedimiento. En el cuadro de diálogo **VAR**, se anota en **Número 1** el rango de datos **Rmt**, para obtener directamente la varianza.

10.3 Análisis de sensibilidad para proyectos en condiciones de incertidumbre

Los métodos que incorporan el riesgo no son malos, sino insuficientes para agregarlos por sí solos a una evaluación. Por ello, surgen los modelos de sensibilización como una alternativa interesante de considerar para agregar información que posibilite decidir más adecuadamente respecto de una inversión.

Dos son los principales métodos de sensibilidad que, si bien en ciertos casos reemplazarán a los de riesgo, se proponen como un complemento de aquellos, siempre con la finalidad de mejorar la información que se le proporcionará al inversionista para ayudarlo en su toma de decisión. Ambos métodos muestran el grado de variabilidad que pueden exhibir o, dependiendo del modelo utilizado, resistir la proyección del flujo de caja. Esto permite identificar cuáles son las variables más críticas y los puntos más débiles sobre los que se debe concentrar la búsqueda de más información para determinar las posibilidades de que se alcancen esos puntos críticos.

El método más tradicional y común se conoce como modelo de la sensibilización de Hertz, o análisis multidimensional, el cual analiza qué pasa con el VAN cuando se modifica el valor de una o más variables que se consideran susceptibles de cambiar durante el periodo de evaluación. El procedimiento propone que se confeccionen tantos flujos de caja como posibles combinaciones se identifiquen entre las variables que componen el flujo de caja.

La aplicación de este modelo, por su simplicidad, conduce a veces a elaborar tal cantidad de flujos de caja sensibilizados que, más que convertirse en una ayuda, constituyen una limitación al proceso decisorio.

Una simplificación de este modelo plantea que se debe sensibilizar el proyecto a solo dos escenarios: uno optimista y otro pesimista.

La definición de las variables en estos escenarios tiende a ser sesgada por las expectativas que se tengan sobre el resultado de la inversión, entre otras variables. La principal ventaja que se le asigna a este modelo es que permite trabajar con cambios en más de una variable a la vez.

Un modelo opcional, denominado análisis unidimensional, plantea que, en lugar de analizar qué pasa con el VAN cuando se modifica el valor de una o más variables, se determine la variación máxima que puede resistir el valor de una variable relevante para que el proyecto siga siendo atractivo para el inversionista.

Por ejemplo, si con la cantidad a producir y vender estimada en el flujo de caja original, el VAN del proyecto es positivo, la sensibilización estimará la cantidad mínima que hace que el proyecto siga siendo elegible. Esto es, hasta dónde puede bajar la cantidad para que el VAN se haga igual a 0.

Una planilla electrónica, como Excel, por ejemplo, permite resolver ambos modelos de sensibilización con mucha rapidez.

Ejemplo 10.5

En la evaluación de un nuevo proyecto, se estimaron ventas de 10.000 unidades para el primer año, y se espera incrementarlas en 20% el segundo año y en 30% el tercero, respecto de los volúmenes del año anterior. Los años siguientes se estiman constantes.

Para lograr esto, se asumió un precio de penetración al mercado de $25 para los primeros dos años, para luego subirlo en 10% y asimilarlo al de la competencia.

El costo variable unitario es de $10 hasta 15.000 unidades, ya que puede abastecerse en localidades cercanas a donde se instalará el proyecto. Sobre esa cantidad, deberá acudir a zonas más lejanas que hacen que el costo de cada unidad adicional suba en 20%.

El total de inversiones fijas previas a la puesta en marcha asciende a $780.000, compuestas por la compra de un terreno ($80.000), construcciones que se deprecian en 40 años ($400.000), una máquina *A* que se deprecia en 10 años, pero que tiene una vida útil de solo cuatro años ($140.000), y una máquina *B* que se deprecia en cinco años y tiene una vida útil de seis años ($160.000). Además, se deberá invertir en capital de trabajo el equivalente a cuatro meses de costos (fijos y variables).

Al construir el flujo de caja con los criterios explicados en los capítulos anteriores, donde todas las celdas están expresadas como fórmulas sobre valores fijos, se obtiene:

Figura 10.3

Flujo de caja en condiciones de riesgo e incertidumbre

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Demanda		10.000	12.000	15.600	15.600	15.600	15.600	15.600	15.600	15.600	15.600
2	Precio	25										
3	Costo variable	10										
4	Costo fijo	30.000										
5	Terreno	80.000										
6	Construcción	400.000										
7	Máquina A	140.000										
8	Máquina B	160.000										
9												
10		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	Ingresos		250.000	300.000	429.000	429.000	429.000	429.000	429.000	429.000	429.000	429.000
12	Venta activo A					56.000				56.000		
13	Venta activo B							16.000				
14	Costo variable		-100.000	-120.000	-157.200	-157.200	-157.200	-157.200	-157.200	-157.200	-157.200	-157.200
15	Costo fijo		-30.000	-30.000	-33.000	-33.000	-33.000	-33.000	-33.000	-33.000	-33.000	-33.000
16	Depreciación construcción		-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000
17	Depreciación A		-14.000	-14.000	-14.000	-14.000	-14.000	-14.000	-14.000	-14.000	-14.000	-14.000
18	Depreciación B		-32.000	-32.000	-32.000	-32.000	-32.000	0	-32.000	-32.000	-32.000	-32.000
19	Valor libro					-84.000		0		-84.000		
20	Utilidad		64.000	94.000	182.800	154.800	182.800	230.800	182.800	154.800	182.800	182.800
21	Impto.		-19.200	-28.200	-54.840	-46.440	-54.840	-69.240	-54.840	-46.440	-54.840	-54.840
22	Ut.neta		44.800	65.800	127.960	108.360	127.960	161.560	127.960	108.360	127.960	127.960
23	Depreciación construcción		10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
24	Depreciación A		14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000
25	Depreciación B		32.000	32.000	32.000	32.000	32.000	0	32.000	32.000	32.000	32.000
26	Valor libro					84.000		0		84.000		
27	Inversiones	-780.000				-140.000		-160.000		-140.000		
28	Capital de trabajo	-32.500	-5.000	-10.050								47.550
29	Valor de desecho económico											524.000
30	Flujo proyecto	-812.500	95.800	111.750	183.960	108.360	183.960	25.560	183.960	108.360	183.960	755.510
31	VAN (20%)	222.072										

Como todas las celdas están interrelacionadas, podría aplicarse el modelo de Hertz en un escenario pesimista, donde las ventas fuesen 5% inferiores a lo esperado, el costo variable fuese 12% más alto y la construcción fuese 10% más cara. Al corregir los valores de las celdas bases, cambiarán los ingresos, los costos variables, la depreciación de la construcción, los impuestos, el valor de desecho y el flujo de caja. En este escenario, el VAN del proyecto se reduce de $222.072 a $75.750. Para calcular un escenario optimista, se procede de la misma manera.

El modelo permite definir el efecto sobre el VAN de cualquier cambio que, por ejemplo, los integrantes de un directorio deseen analizar.

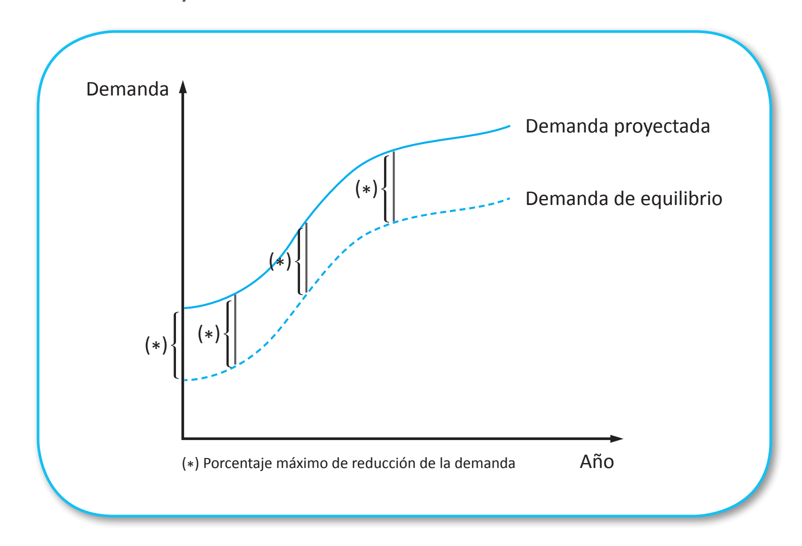
Alternativamente, el análisis unidimensional busca solo el valor crítico que puede asumir una variable, es decir, aquel que haga al VAN igual a 0. Para ello, se debe seleccionar la variable que se considera más incierta y con alto impacto sobre la rentabilidad, como por ejemplo la cantidad[3].

Una primera sensibilización calcula el punto de equilibrio de la cantidad, asumiendo que todo el resto de los factores permanece constante. En el Excel, se recurre al menú **Datos/Análisis Y si/Buscar objetivo**, y se anota en **Definir la celda** aquella donde está calculado el VAN, el valor 0 en **Con el valor** y la celda donde está la cantidad (10.000) de ventas para el primer año en **Para cambiar la celda**. Al marcar **Aceptar**, la

3 Como se verá más adelante en este capítulo, los modelos de simulación permiten determinar cuáles son las variables, en orden de importancia, que al modificarse más impactan sobre el VAN.

cantidad de equilibrio baja a 7.692 unidades. Es decir, el proyecto tiene una holgura de 23,08%. La cantidad de equilibrio, cuando la proyección de la demanda no es constante, no puede expresarse como un solo valor, sino como un porcentaje de variación respecto del escenario más probable, tal como se muestra en el Gráfico 10.2, y también como una variación en la tasa de crecimiento.

Gráfico 10.2
Variación de la cantidad de equilibrio



Si se considera que es un rango que excede cualquier escenario pesimista, se procede a una segunda iteración. Por ejemplo, calculando qué aumento de costos resistiría el proyecto si, además, las ventas cayesen en 10%. Para ello, se cambia por 9.000 el valor de la celda donde está anotada la cantidad de ventas para el primer año, con lo que el VAN resulta nuevamente positivo, pero en $123.888. Procediendo igual que se hizo para calcular la cantidad de equilibrio, se procede a determinar el valor máximo del costo variable anotando en **Definir la celda** aquella donde está calculado el VAN, el valor 0 en **Con el valor** y la celda donde está el costo variable unitario (10) en **Para cambiar la celda**. Al marcar **Aceptar**, la celda muestra que si caen las ventas en 10%, el proyecto resiste, simultáneamente, que el costo variable suba a $12,16, o sea, en 21,6%.

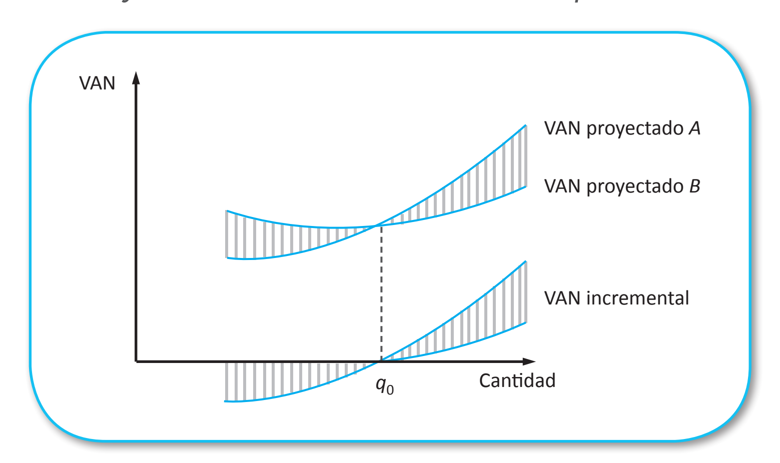
De la misma manera puede sensibilizarse el VAN en una tercera iteración para calcular, por ejemplo, hasta dónde puede subir el costo de la construcción si las ventas bajasen en 10% y los costos variables aumentasen en 12%. Repitiendo el procedimiento anterior, el valor máximo que el proyecto resistiría pagar por la construcción, si cambian las dos variables anteriores, sería de $482.961 o, lo que es lo mismo, enfrentaría un incremento de hasta 20,74%.

Cuando se evalúa un proyecto en una empresa en marcha, surge la dificultad de que se desea calcular la condición que se debe cumplir para que la opción elegida siga siendo la más conveniente si llega a cambiar el valor de una variable. Por ejemplo, si se evalúa el transporte por camiones en comparación con el de una correa transportadora, lo más probable es que, para movilizar grandes volúmenes, la correa sea más conveniente y que, si el volumen es pequeño, parezcan más convenientes los camiones.

En este caso, no tiene sentido calcular la cantidad para transportar que hace a cada proyecto tener un VAN de 0, ya que lo que se busca es determinar la cantidad que hace indiferente optar por una u otra alternativa; es decir, la cantidad sobre la cual convendrá la correa transportadora o bajo la cual convendrán los camiones. Esto se determina buscando la cantidad que haga iguales los VAN de ambas alternativas, lo que corresponde a encontrar el VAN incremental igual a 0[4].

Si el proyecto se evalúa por comparación de los VAN, se tendría una situación como la expuesta en el Gráfico 10.3.

Gráfico 10.3
VAN de cada alternativa y VAN incremental en distintos niveles de operación



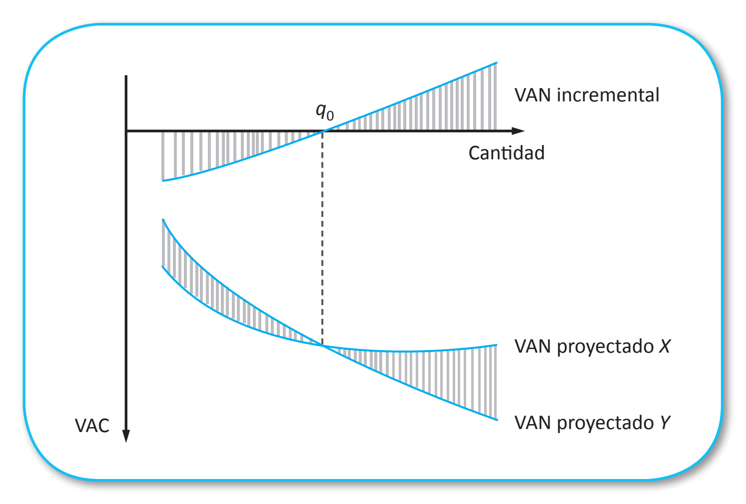
Pero si se comparan los valores actuales de los costos (VAC[5]), la situación sería como la presentada en el Gráfico 10.4.

4 Cuando los dos VAN son iguales, la diferencia entre ambos es 0. Por lo tanto, la sensibilización se hará sobre la misma base indicada, pero respecto de la información contenida en un flujo incremental.

5 El VAC se calcula de manera idéntica al VAN y se denomina así cuando los flujos de caja se elaboran con base en costos por tener beneficios irrelevantes. La diferente denominación es solo para señalar que un VAC negativo se puede aceptar, mientras que un VAN negativo, por considerar los beneficios del proyecto, no cumple con la condición de aceptación. Por ejemplo, para evaluar qué ambulancia comprar entre dos alternativas, no se necesita saber el ingreso de la clínica, ya que es igual para ambas, por lo que las distintas opciones se compararán solo por costos ante características técnicas iguales.



Gráfico 10.4
VAC de cada alternativa y VAN incremental en distintos niveles de operación



En ambos casos, la curva incremental entre las alternativas que se comparan es igual, ya que el sistema de transporte que se utilice no influirá, supuestamente, sobre los volúmenes de operación ni sobre los precios de venta del producto final, por lo que la comparación por costos da idéntico resultado que la comparación por beneficios netos, debido a que los ingresos serían irrelevantes para la decisión.

Como se puede observar, el nivel de indiferencia se produce cuando el VAN incremental entre ambas opciones es 0, por lo que se podría fácilmente calcular la cantidad de equilibrio que las hace indiferentes por el procedimiento explicado en las páginas anteriores.

Por tal motivo, al comparar proyectos excluyentes, se deberá construir el flujo de caja incremental entre ambos y sensibilizar el resultado buscando el valor límite de la variable que se desea investigar; esto es, aquella que haga a ambas alternativas iguales de atractivas o, lo que es lo mismo, que señale el punto donde el VAN incremental sea 0.

10.4 Simulación de Montecarlo. Uso del Risk Simulator

El modelo de simulación de Montecarlo genera numerosos resultados que puede tomar el VAN del proyecto si a cada factor que condiciona el flujo de caja se le asigna, aleatoriamente, un valor probable de ocurrencia. Al aplicar repetidas veces la selección de valores aleatorios[6] para cada uno de los factores, dentro de su propia distribución de

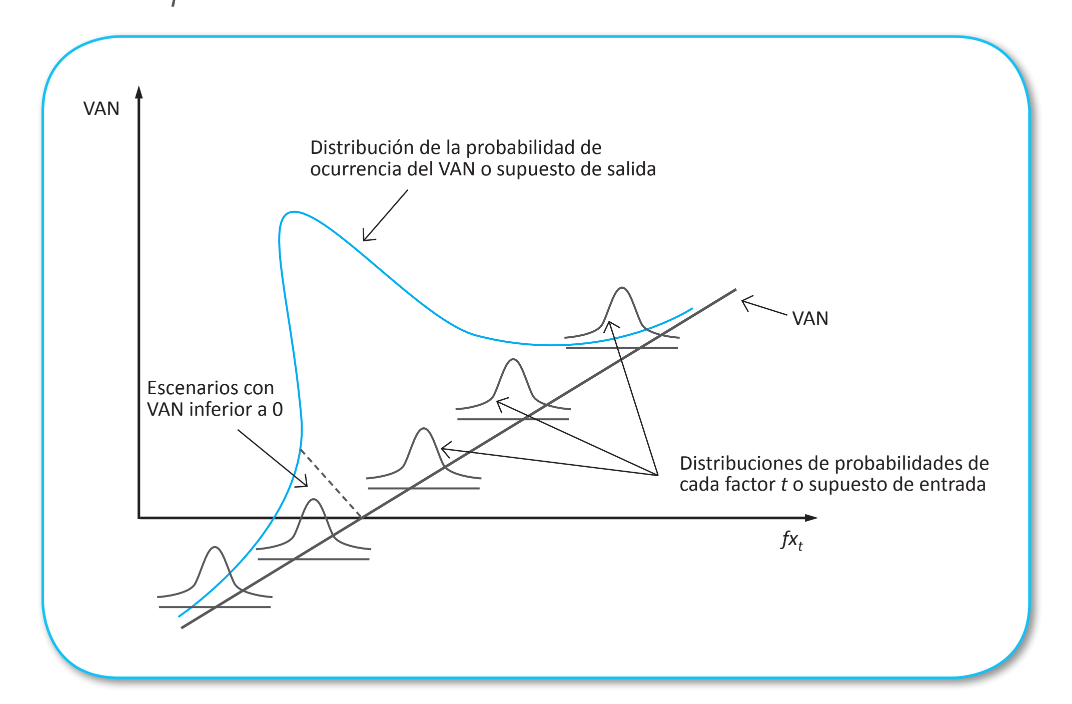
6 Un número aleatorio es aquel que se genera de manera tal que la probabilidad de que aparezca es siempre la misma e independiente de los resultados previamente generados.

probabilidad, se logra obtener un número suficiente de resultados como para pronosticar la forma de la distribución del comportamiento probabilístico del VAN.

La definición de la distribución de probabilidades asignada a la ocurrencia de cada uno de los factores se denomina supuesto de entrada. Cuando se selecciona un valor para cada factor, se obtiene una proyección para el VAN (o la variable que se desee simular), la que se denomina supuesto de salida o pronóstico. Al realizar muchas pruebas probabilísticamente posibles, se puede observar la probabilidad con que se repite un VAN o la probabilidad de que su resultado sea negativo o positivo.

El Gráfico 10.5 representa la forma que asume el supuesto de salida después de múltiples pruebas aleatorias, pero probabilísticamente posibles con base en su propia distribución, de cada supuesto de entrada. Mientras más comportamientos favorables (*fx*) haya, mayor será la probabilidad de un VAN alto, y viceversa. El punto donde la línea del VAN cruza el eje, o sea, donde asume el valor 0, muestra el área (hacia la izquierda) de escenarios negativos, y, hacia la derecha, positivos. El modelo de Montecarlo busca definir el porcentaje de escenarios observados ya sea hacia la izquierda o derecha de ese punto.

Gráfico 10.5
Distribución de probabilidades del VAN



Los supuestos de entrada no se aplican a aquellos factores que dependen del comportamiento de otros. Por ejemplo, si en el estudio de elasticidad se estimó una relación entre el precio y la cantidad, solo uno de ellos se selecciona para hacer las pruebas y el otro se define como una función del anterior.

La simulación de Montecarlo se puede realizar fácilmente recurriendo a uno de los tantos programas disponibles en el mercado, los cuales pueden llevar a cabo miles de pruebas en pocos segundos. Para efectos de este texto, se utilizará el Risk Simulator (2010-versión c), entre otras razones, por la simplicidad de uso y la gran cantidad de procedimientos que contiene y de resultados que genera.

La simulación permite experimentar para observar los resultados que va mostrando el VAN, especialmente cuando existen dudas del comportamiento de más de una variable a la vez; aunque no es un instrumento que busca su optimización, sí cuenta con una herramienta de optimización y simulación simultánea que permite obtener resultados más precisos bajo un conjunto de restricciones.

Para aplicar la simulación de Montecarlo, se debe seguir un procedimiento que consta de las siguientes etapas:

1. Construir el flujo de caja referenciando las celdas a aquellas sobre las cuales se aplicará la simulación. Cualquier *software* de simulación requiere que todos los valores del flujo, que dependan del valor que asume aleatoriamente cada factor que servirá para hacer la prueba, se modifiquen automáticamente en función del valor obtenido. Por ejemplo, si la prueba define un nuevo valor para las unidades a vender, en forma automática deberán modificarse los ingresos proyectados para cada periodo, los costos (no solo en función del cambio en la cantidad, sino también por las economías y deseconomías de escala) o los impuestos, entre otros, y obviamente el VAN.

2. Definir el modelo para cada supuesto de entrada (elegir la distribución de probabilidades que mejor represente el comportamiento probabilístico de las variables elegidas).

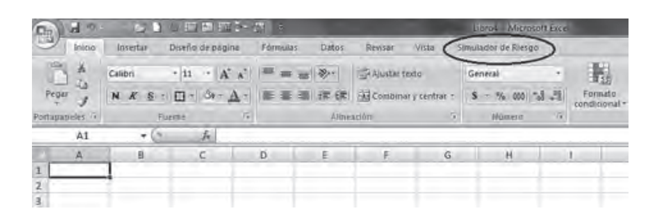
3. Definir el pronóstico de salida (el VAN u otro resultado que se quiera observar, y el número de pruebas o, alternativamente, el nivel de confianza deseado).

4. Ejecutar la simulación.

5. Analizar la información gráfica y numérica resultante.

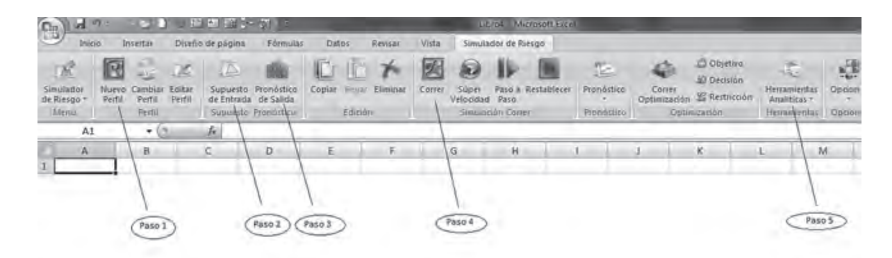
Al instalar el Risk Simulator, aparece automáticamente una ventana en el menú del Excel.

Figura 10.4
Ventana del Risk Simulator



Al abrir la ventana, se despliega la barra de herramientas que se muestra en la Figura 10.5.

Figura 10.5
Barra de herramientas del Risk Simulator



Los pasos para ejecutar la simulación son los que se describen a continuación.

10.4.1 Crear un nuevo perfil para la simulación (paso 1)

Para iniciar el modelo, debe marcarse **Nuevo perfil** en la barra de herramientas del Risk Simulator. En el cuadro desplegado, se puede especificar un nombre para la simulación y definir el número de pruebas que se quiera ejecutar (vienen predeterminadas por defecto 1.000 iteraciones). Como se verá más adelante, también existe la posibilidad de que este número sea definido por el propio Risk Simulator, si lo que se desea es realizar las pruebas necesarias para alcanzar un nivel de precisión y error en el pronóstico. Si no se activan las correlaciones, el modelo asume que no existen correlaciones cruzadas entre los supuestos de entrada.

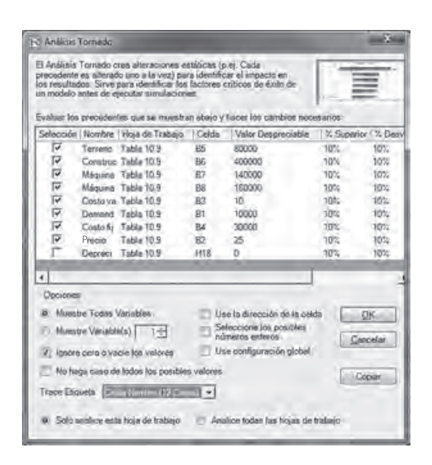
Cuando existe una cantidad importante de variables que condicionan el resultado del VAN (al haber varios productos con muchos insumos, por ejemplo), es posible simplificar el proceso de simulación recurriendo al **Análisis de tornado** de la

barra **Herramientas analíticas**, el cual prueba automáticamente el impacto de cada variable sobre el VAN, simulando una variabilidad que viene predeterminada por defecto en ± 10% para cada una y manteniendo al resto inalterable, u otra que defina el evaluador del proyecto. Para ello, previamente se debe seleccionar la celda donde está el VAN. La importancia de este análisis radica en que permite identificar las variables que son relevantes para ejecutar la simulación, evitando perder tiempo en incorporar aquellas cuyo comportamiento no afecte al resultado del pronóstico.

Sin embargo, existen situaciones en que es conveniente ampliar este rango para incorporar el efecto de valores extremos que pueden tener una mayor influencia sobre la variable a pronosticar. Por ejemplo, cuando por deseconomías de escala, los costos variables unitarios cambian significativamente frente a los volúmenes de insumos comprados.

El **Análisis de tornado** jerarquiza las variables de más a menos significativa, de acuerdo con las fluctuaciones que el cambio de cada una ocasione sobre el VAN. En el cuadro de diálogo **Análisis de tornado**, el Risk Simulator reconoce a todas las variables que no han sido expresadas como fórmulas en el Excel, como se muestra en la Figura 10.6.

Figura 10.6
Cuadro de diálogo ***Análisis de tornado***



Debido a que algunas de las variables podrían no estar sujetas a variación (tasa de impuesto, tasa de descuento u otra), se pueden desactivar las casillas correspondientes. Marcando OK, se abre una nueva hoja Excel con el nombre **Tornado**, donde se observan, en primer lugar, los resultados del VAN ante cambios 10% positivos y negativos de cada variable sobre el VAN, como se muestra en la Tabla 10.9.

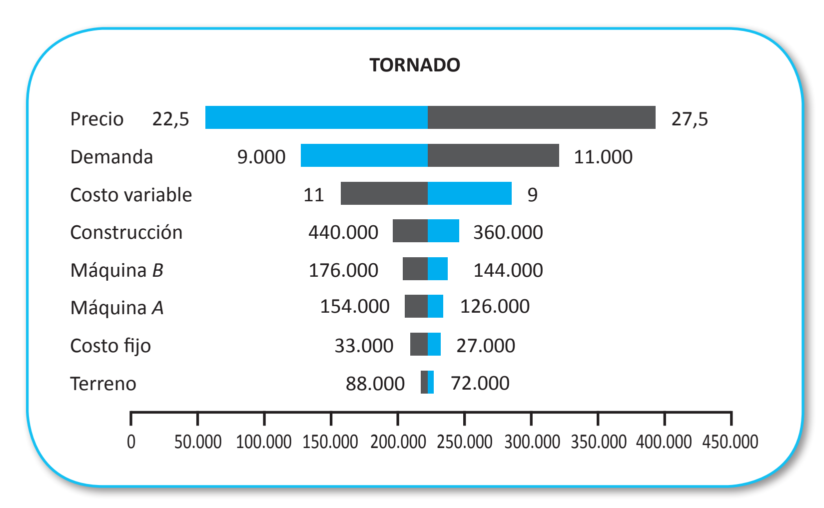
Tabla 10.9 *Variación del VAN ante cambios en el valor independiente de cada variable*

	Valor base: 222.072			Cambio de ingreso		
Celda precedente	Resultado inferior	Resultado superior	Rango de efectividad	Ingreso inferior	Ingreso superior	Valor caso base
B2: Precio	56.405	387.740	331.335	22,5	27,5	25,0
B1: Demanda	123.888	314.120	190.232	9.000	11.000	10.000
B3: Costo variable	286.103	158.042	128.061	9	11	10
B6: Construcción	248.663	195.482	53.181	360.000	440.000	400.000
B8: Máquina *B*	239.881	204.264	35.617	144.000	176.000	160.000
B7: Máquina *A*	237.864	206.281	31.583	126.000	154.000	140.000
B4: Costo fijo	236.396	207.749	28.647	27.000	33.000	30.000
B5: Terreno	226.988	217.157	9.831	72.000	88.000	80.000

La Tabla 10.9 muestra jerárquicamente que el precio es la variable que más impacta sobre el VAN y que el precio del terreno es la que menos lo hace. En la columna **Ingreso inferior**, se observa el valor mínimo considerado (10% menos que el valor original o **Valor caso base**), y en la de **Ingreso superior**, el máximo (10% más alto). Para el **Ingreso inferior** y el **Ingreso superior**, se muestran respectivamente el valor mínimo y el máximo que asume el VAN en las columnas **Resultado inferior** y **Resultado superior**. La diferencia entre ambos aparece en la columna **Rango de efectividad**.

En la misma hoja Excel, aparece el gráfico de tornado que muestra la Figura 10.7. Las barras grises indican las correlaciones positivas entre las variables y el VAN al aumentar en 10% su estimación (precio y demanda), mientras que las burdeos señalan que están negativamente correlacionadas (al aumentar las inversiones o los costos, disminuye el VAN).

Figura 10.7
Gráfico de tornado



Con esta información, se puede apreciar la necesidad de estudiar más a fondo las variables precio, demanda y costo variable (por ejemplo, llevándolas a nivel de factibilidad); proporciona una referencia para hacer los análisis de sensibilidad del Apartado 10.3 e indica aquellos que necesariamente deben ser incluidos en la simulación.

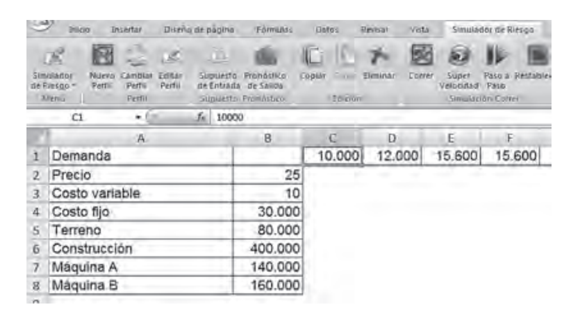
Opcionalmente, se puede analizar el gráfico de araña que aparece en la misma hoja Excel, **Tornado**, cuando se estima que podría haber algunas no linealidades en las variables del flujo.

10.4.2 Definir los supuestos de entrada (paso 2)

A cada factor se le asignará la distribución de probabilidades que mejor explique el comportamiento probabilístico que pudiera tener. Cuando se dispone de una serie de datos, el Risk Simulator puede analizarlos y determinar cuál es la distribución más adecuada por medio de las herramientas de ajuste de distribución simple y múltiple, y por el ajuste no paramétrico.

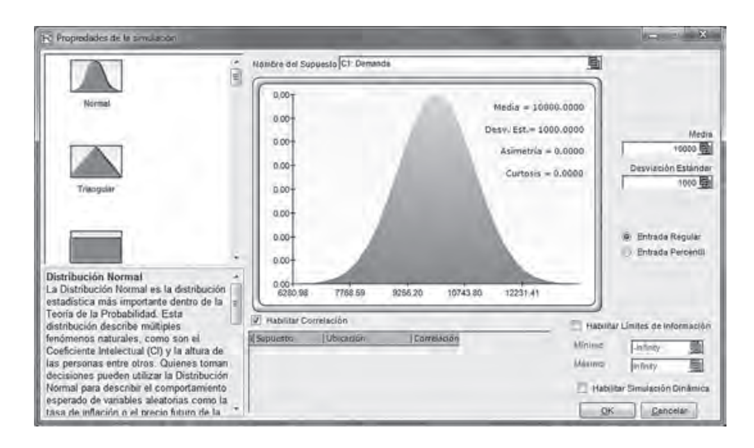
Para explicar el modelo, se estimará que los factores que se considerarán como supuestos de entrada son los que aparecen sobre el flujo de caja de la Figura 10.3. Para establecer un supuesto, se debe seleccionar la celda donde está el primer factor, la cual no debe contener fórmulas ni funciones. En este caso, la C1 para la demanda, como se muestra en la Figura 10.8.

Figura 10.8
Selección del primer supuesto de entrada



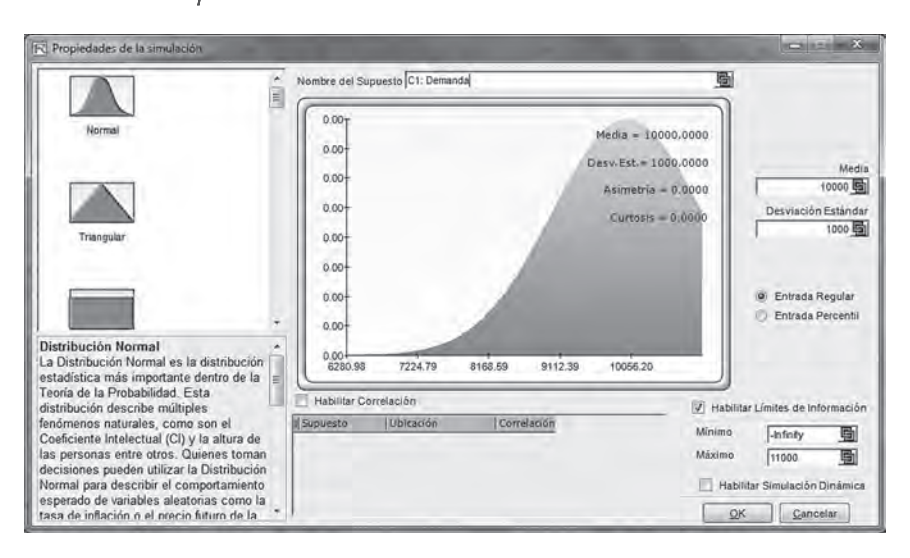
Haciendo clic en el icono **Supuesto de entrada**, aparece el cuadro de diálogo que muestra la Figura 10.9. Al costado izquierdo, se muestran las distintas distribuciones de probabilidad que es posible asignar y, más abajo, una pequeña explicación de cada una de ellas.

Figura 10.9
Selección del supuesto de entrada de la demanda



Al elegir una distribución, es posible agregar parámetros como la desviación estándar o un límite, dependiendo de los parámetros exigidos de cada distribución. Por ejemplo, aunque la demanda para el primer año pudiese estar por sobre las 12.300 unidades, si se considera que la capacidad máxima de producción se limita a solo 11.000 unidades, no podrá existir un escenario para el flujo de caja que supere esta cantidad. Para ello, se habilitan los límites de información y se anota la cantidad máxima posible, de manera que el simulador excluya cualquier escenario que el proyecto no pueda enfrentar. La Figura 10.10 muestra lo señalado. Marcando OK, la celda toma un color verde para indicar que tiene incorporado el modelo a simular.

Figura 10.10
Corrección de límites al supuesto de entrada de la demanda



Aunque el Risk Simulator provee una gran cantidad de tipos de distribuciones de probabilidad, las más comúnmente utilizadas en la evaluación de un proyecto son la normal, la triangular, la uniforme, la de Poisson y la lognormal.

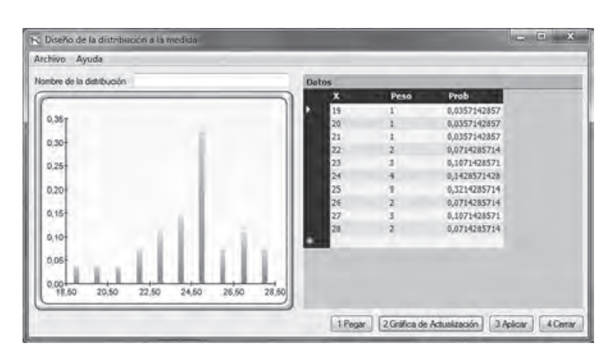
- **Distribución normal:** la media, la moda y la mediana son iguales y corresponden al punto más alto de la curva, donde se concentra la mayor probabilidad de ocurrencia. Es simétrica alrededor de la media, y sus colas se extienden hasta el infinito en ambas direcciones y son asintóticas al eje horizontal. El área total bajo la curva de la distribución normal es igual a 1.
- **Distribución triangular:** considera conocidos los valores máximo, mínimo y más probable que puede tener una variable, como por ejemplo el costo de un insumo, y desconocida la forma de distribución.
- **Distribución uniforme:** todos los valores dentro de un rango conocido (mínimo y máximo) tienen la misma probabilidad de ocurrir.
- **Distribución de Poisson:** describe el comportamiento probabilístico de que ocurra un evento en un periodo de tiempo determinado, como por ejemplo la cantidad de veces que debe repararse un activo en un año si tiene una antigüedad de ocho años.
- **Distribución lognormal:** se utiliza cuando el valor probabilístico que puede asumir un factor no puede ser negativo, como por ejemplo el precio de un activo o el valor de desecho del proyecto[7].

Cuando se dispone de pocos datos o los más recientes no son confiables, pero se estima que son válidos comparativamente, el ajuste de distribución no es una herramienta adecuada y se puede hacer que el Risk Simulator busque la mejor distribución, recurriendo a la opción de distribución **Personalizada no paramétrica**, la cual se ajustará a los datos ingresados automáticamente. En este caso, el modelo no requiere un parámetro de entrada (el factor **Precio**, por ejemplo, se deja en 0 en vez de anotar los $25 de referencia del ejemplo de la Figura 10.3) y realiza la simulación probando la información repetidamente con reemplazos, utilizando el teorema del límite central.

Para ello, se debe seleccionar, en primer lugar, todo el rango de datos donde estén contenidos los datos y marcar **Copiar**. Luego, se selecciona la celda donde está el precio (B2, en el ejemplo de la Figura 10.3) y se hace clic en **Supuesto de entrada**. Al desplegarse el cuadro de diálogo **Propiedades de la simulación**, se elige **Personalizada** y se marca la opción **Cree la distribución**. Al abrirse el cuadro de diálogo **Diseño de la distribución a la medida**, se define el nombre de la distribución (**Precio**) y se selecciona **1 Pegar** y **2 Gráfica de actualización**. Al lado derecho, en las columnas **N** y **O**, aparecen los datos históricos observados, su frecuencia y probabilidad asignada. Marcando **3 Aplicar** y **4 Cerrar**, se vuelve al cuadro de diálogo **Propiedades de la simulación**. Haciendo clic en **OK**, la celda donde está anotado el precio cambia de color para indicar que tiene un supuesto de entrada.

7 Para aplicarla a una celda que contenga el monto de alguna inversión, debe tomarse la precaución de que esta tenga un valor con signo positivo.

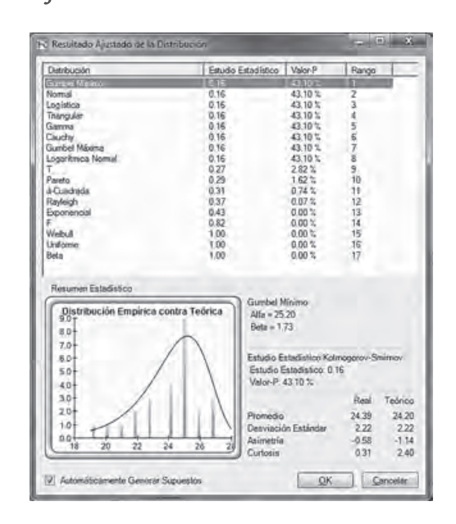
Figura 10.11
Diseño de una distribución de probabilidades por el Risk Simulator



Cuando hay datos históricos confiables y se supone que el comportamiento observado en el pasado tiende a repetirse, el Risk Simulator puede usar estos datos para definir una distribución de probabilidades posible de ser aplicada como supuesto de entrada.

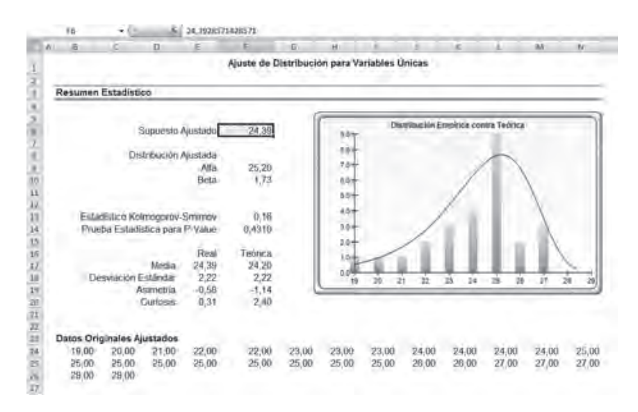
En este caso, se selecciona toda la serie de datos y se elige **Ajuste de distribución (simple)** en la barra **Herramientas analíticas** para encontrar la distribución de probabilidades que mejor se ajuste a esos datos. En el cuadro de diálogo **Ajuste único**, se pueden seleccionar las distribuciones que se quieran ajustar o mantenerlas todas, como viene por defecto en el programa. Al hacer OK, el Risk Simulator ordena de mejor a peor las distribuciones ajustadas, bajo el supuesto de que la distribución de la población (rango de datos) es representativa del comportamiento que puede asumir la variable. Esto se muestra en la Figura 10.12.

Figura 10.12
Resultados de las distribuciones ajustadas



En el cuadro de diálogo **Resultado ajustado de la distribución** se hace nuevamente clic en OK y se abre una hoja Excel con el nombre **Ajuste de distribución**, que contiene las estadísticas de la distribución, tal como se muestra en la Figura 10.13.

Figura 10.13
Ajuste de la distribución



10.4.3 Definir los pronósticos (paso 3)

El Risk Simulator permite realizar varios pronósticos en forma simultánea de acuerdo con los resultados de cada escenario que vaya simulando. A continuación, se explica cómo hacerlo solo para el supuesto de salida VAN.

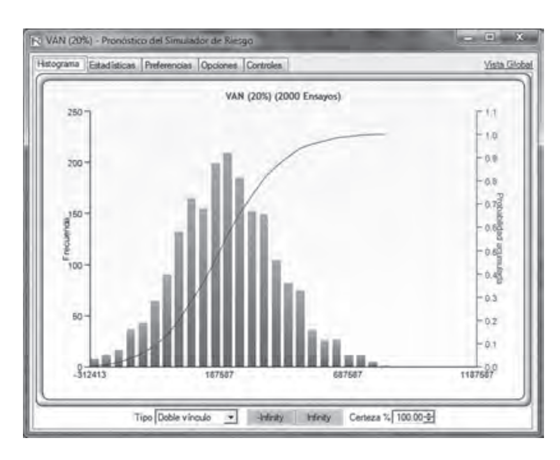
En primer lugar, se debe seleccionar la celda donde aparece el resultado del VAN (B31)[8] y hacer clic en la barra de herramientas **Pronóstico de salida**. En el cuadro de diálogo **Propiedades de pronóstico**, se coloca el nombre de la variable a pronosticar y si se quiere que, en vez de ejecutar las 1.000 iteraciones predeterminadas u otro valor que el evaluador decida, se indique el nivel de confianza y de error respecto de la media que se desea.

10.4.4 Ejecutar la simulación (paso 4)

En la barra de herramientas, se hace clic en el icono **Correr**, y el modelo ejecuta las primeras 1.000 iteraciones. Si no se logra el nivel de confianza o de error indicado, aparecerá un mensaje indicando que no se alcanzaron y preguntando si se desea duplicar el número de intentos. Cuando se logra cumplir con ambos requisitos, se muestra el histograma de resultados del pronóstico obtenido, tal como se observa en la Figura 10.14. Las barras verticales representan la distribución de frecuencia de cada VAN obtenido, mientras que la línea continua muestra la frecuencia acumulada.

8 Como regla general, esta debe contener una fórmula o una función, además de un vínculo directo o indirecto con los supuestos de entrada.

Figura 10.14
Distribución de probabilidades del VAN

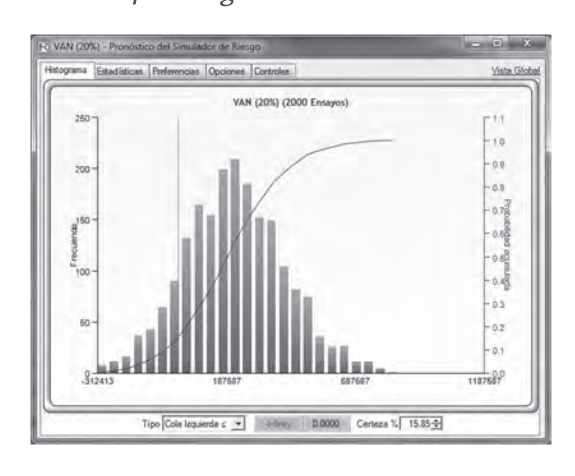


10.4.5 Resultados del pronóstico (paso 5)

Como se puede observar en la Figura 10.14, hubo que realizar 2.000 pruebas para cumplir con las condiciones de nivel de confianza y error.

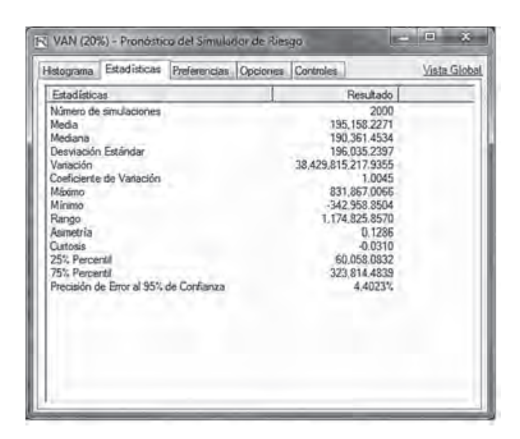
Para determinar el porcentaje de escenarios donde el VAN fue negativo, en la casilla Tipo se elige Cola izquierda ≤, se reemplaza +Infinity por 0 y se da clic en la tecla TAB para actualizar la información. En la casilla inferior derecha de la Figura 10.15, aparece la probabilidad de que el resultado sea menor o igual a 0 (15,85%). La línea recta vertical corresponde al VAN = 0. Si el modelo se simulara por segunda vez, probablemente se obtendría una probabilidad muy parecida pero no siempre igual, ya que el proceso es totalmente aleatorio.

Figura 10.15
Probabilidad de obtener un VAN inferior o igual a 0



La pestaña **Estadísticas** muestra los resultados estadísticos del pronóstico, tal como aparecen en la Figura 10.16.

Figura 10.16
Estadísticas del pronóstico



VAN (20%) - Pronóstico del Simulador de Riesgo

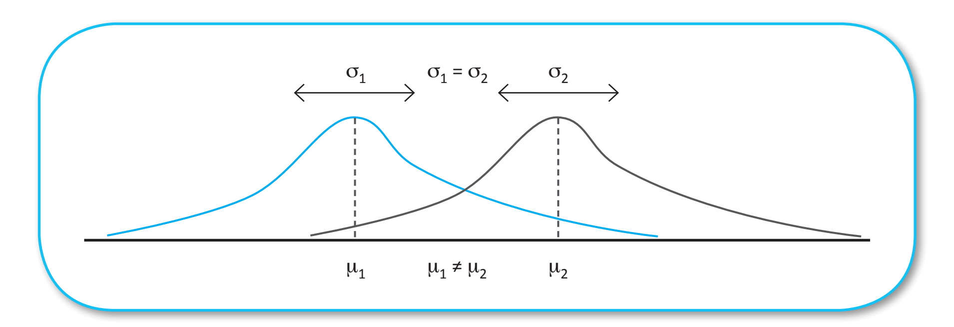
Histograma | Estadísticas | Preferencias | Opciones | Controles | Vista Global

Estadísticas	Resultado
Número de simulaciones	2000
Media	195,158.2271
Mediana	190,361.4534
Desviación Estándar	196,035.2397
Variación	38,429,815,217.9355
Coeficiente de Variación	1.0045
Máximo	831,867.0066
Mínimo	-342,958.8504
Rango	1,174,825.8570
Asimetría	0.1286
Curtosis	-0.0310
25% Percentil	60,058.0832
75% Percentil	323,814.4839
Precisión de Error al 95% de Confianza	4.4023%

Las distribuciones generalmente se caracterizan por estar definidas hasta por cuatro elementos.

1. **Centro de la distribución:** aunque la media (μ) es el factor más utilizado, también es posible sustituirla por la mediana o la moda. Dos distribuciones idénticas dan valores distintos bajo las curvas si su media es distinta, aunque ambas tengan la misma desviación estándar.

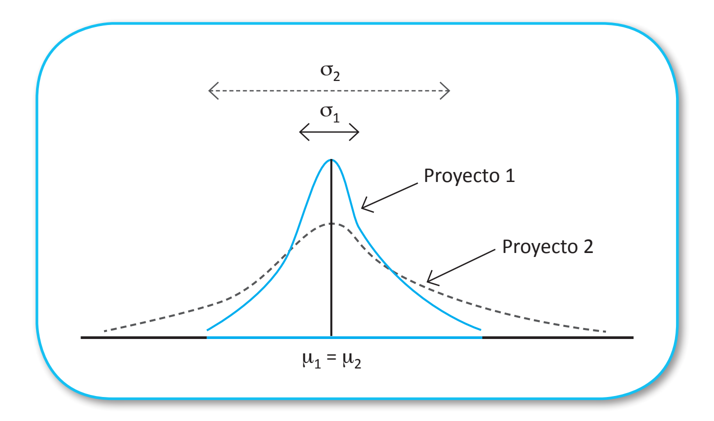
Gráfico 10.6
Centro de la distribución



2. **Extensión de la distribución:** la extensión o amplitud de la distribución muestra cuán amplio es el rango de valores posibles que puede asumir un factor. Mientras más

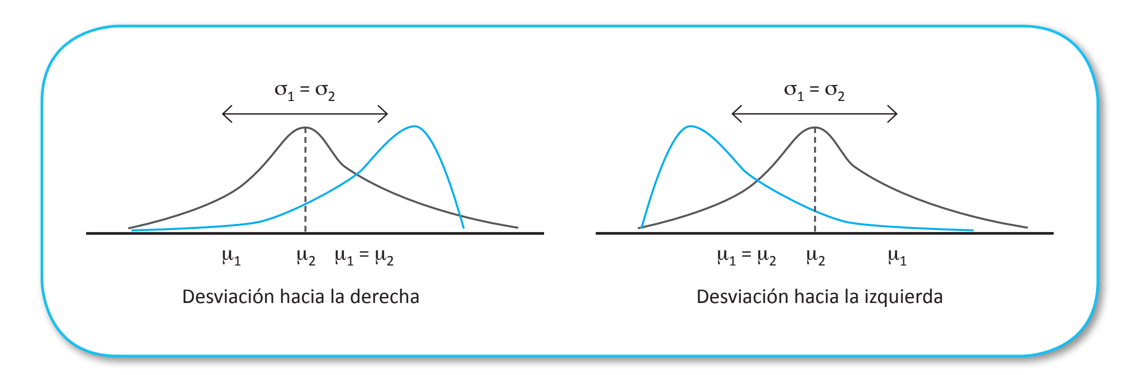
acotado sea, menores escenarios existirán y, en consecuencia, menor será el riesgo. Estadísticamente, la desviación estándar (σ) es la medida más utilizada, aunque también se puede emplear la varianza, el coeficiente de variación o los percentiles. Dos distribuciones con igual media tienen riesgos distintos si su amplitud es diferente. En el Gráfico 10.7, por ejemplo, si los VAN de dos proyectos (1 y 2) fuesen de $500, debido a la menor amplitud de 1 se considera que el proyecto 2 es más riesgoso, por la mayor probabilidad de que su VAN sea negativo.

Gráfico 10.7
Extensión de la distribución



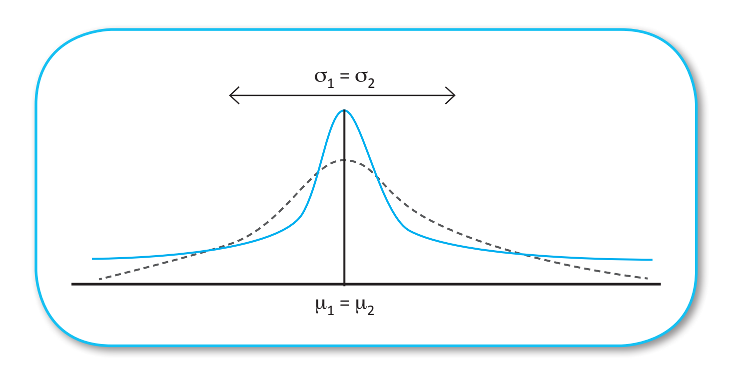
3. **Desviación de la distribución:** cuando la desviación no asume una forma normal o simétrica, la desviación puede ser positiva o negativa, aunque dos proyectos tengan la misma media y la misma desviación estándar. Una distribución positiva muestra que la cola de la distribución tiende hacia la derecha, mientras que la negativa tiende hacia la izquierda.

Gráfico 10.8
Desviación de la distribución



4. **Curtosis de la distribución:** mide el punto más alto de la distribución. Al tener una curtosis más alta, las colas tienden a ser más altas, lo que implica que existe una mayor probabilidad de que ocurran los escenarios más extremos, tanto a favor como en contra del VAN. Los inversionistas que opten por menos riesgos elegirán una opción con menor curtosis.

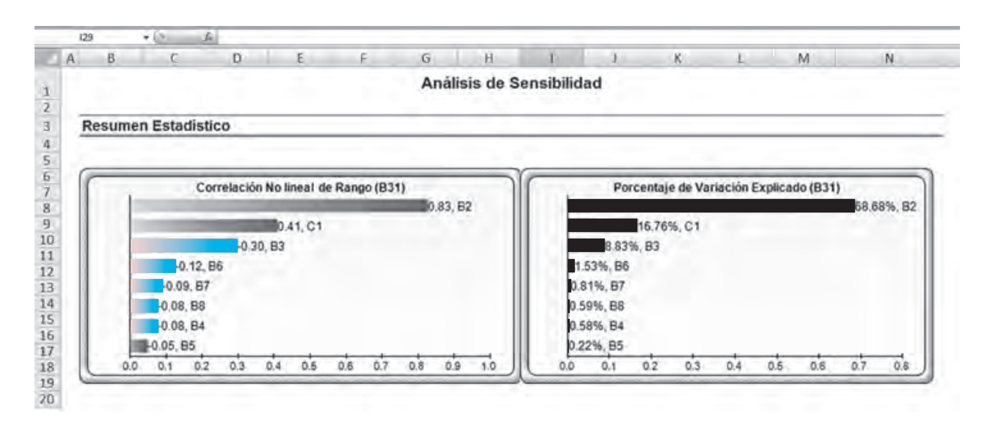
Gráfico 10.9
Curtosis de la distribución



Por otra parte, las distribuciones de probabilidades pueden ser discretas o continuas. Las primeras muestran la probabilidad de ocurrencia de valores enteros o de rangos claramente delimitados, por lo que se puede graficar cada valor por separado mediante barras. La distribución continua considera posible la ocurrencia de un escenario en un punto cualquiera entre dos números, incluyendo menos infinito y más infinito. Por ello se grafica como una línea continua.

El Risk Simulator agrega también otra función importante en la barra **Herramientas analíticas**: el **Análisis de sensibilidad**, que se muestra en la Figura 10.17.

Figura 10.17
*Función **Análisis de sensibilidad***



El **Análisis de sensibilidad** muestra dos tablas con los resultados sobre el VAN de perturbaciones dinámicas (varios supuestos son cambiados simultáneamente con base en la distribución de la probabilidad de ocurrencia asignada a cada una), a diferencia del **Análisis de tornado**, que tenía perturbaciones estáticas (cada variable se modificaba en un porcentaje predeterminado).

La tabla **Correlación no lineal de rango (B31)** indica las correlaciones entre cada supuesto de entrada y el supuesto de salida o pronóstico ubicado, en este caso, en la celda B31. En gris, se muestran las correlaciones positivas, y en burdeos, las negativas. Reemplaza al coeficiente de correlación normal, ya que incorpora los comportamientos no lineales de las variables.

La tabla **Porcentaje de variación explicado (B31)** calcula el porcentaje de variación del VAN que puede explicarse por la variación dinámica simulada (varias simultáneamente) en cada uno de los supuestos de entrada. La suma de todas ellas podrá ser menor que 100% cuando el modelo no haya considerado todos los impactos, o mayor, debido al efecto acumulativo de las interacciones entre los supuestos de entrada.

Preguntas y problemas

10.1 ¿Qué reacciones podrían esperarse del mercado frente a la instalación del proyecto?

10.2 Indique qué medidas se podrían tomar en la formulación del proyecto para mitigar las reacciones del mercado contra dicho proyecto.

10.3 ¿Qué variables explican el diferente nivel de riesgo que los inversionistas están dispuestos a asumir ante un proyecto?

10.4 Explique la diferencia entre riesgo e incertidumbre.

10.5 Señale las herramientas de que dispone el evaluador para analizar el riesgo en un proyecto.

10.6 Señale con qué herramientas se puede analizar un proyecto que presenta condiciones de incertidumbre.

10.7 Explique en qué consisten los análisis de Hertz y unidimensional.

10.8 Explique el proceso de simulación que realiza un modelo de Montecarlo.

10.9 ¿En qué se diferencian los modelos de simulación deterministas y aleatorios?

10.10 Explique el criterio de dominancia.

10.11 Explique el criterio de nivel de aspiración.

10.12 Explique el criterio de valor esperado del VAN.

10.13 Explique el criterio de equivalencia de certeza.

10.14 ¿Qué son el riesgo sistemático y el riesgo no sistemático?

10.15 Explique cómo determinar la cantidad de equilibrio cuando existe demanda creciente.

10.16 ¿En qué consiste un supuesto de entrada en un modelo de simulación Risk Simulator?

10.17 ¿Qué es y qué indica el supuesto de salida en un modelo de simulación Risk Simulator?

10.18 Señale en qué casos se debe incluir un parámetro de límite al definir un supuesto de entrada.

10.19 Explique qué representan una distribución normal, triangular, uniforme, de Poisson y lognormal en los supuestos de entrada.

10.20 Explique cómo se interpretan el centro, la extensión, la desviación y la curtosis de la distribución en un supuesto de salida.

10.21 ¿Qué información entrega y cuándo se utiliza un análisis de tornado en el Risk Simulator?

10.22 ¿Qué información entrega un análisis de sensibilidad en el Risk Simulator?

10.23 Una empresa propietaria de una cadena de cines considera que el nivel de ventas promedio de entradas observado históricamente en sus salas de exhibición explica el rango en que podría situarse la demanda futura, información que requiere para evaluar proyectos de inversión en modernización de las salas existentes e, incluso, en ampliación de su cadena a otras comunas de la ciudad. Con la siguiente información, determine el rango de ventas de entradas que podría esperarse para tener 67% y 95% de posibilidades de que así ocurra.

Año	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002
Ventas	$43.200	$37.900	$39.800	$42.100	$42.900	$38.800	$40.200	$41.300	$38.100

10.24 Determine el intervalo que otorga 95% de posibilidades de que, el primer año de operación de un proyecto, el flujo de caja esté dentro de ese rango, si la empresa asigna las siguientes probabilidades de ocurrencia a los escenarios que se presentan a continuación.

Escenario	Probabilidad (%)	Flujo esperado ($)
Expansivo	10	$204.000
Bueno	29	$181.000
Normal	41	$163.000
Malo	16	$150.000
Recesivo	4	$119.000

10.25 Una empresa debe elegir uno de los siguientes cinco proyectos, para los cuales se identificó el VAN esperado en tres escenarios posibles. Con el criterio de dominancia, determine qué proyectos no son eliminados para un análisis más profundo.

Escenario	Probabilidad (%)	VAN proyecto ($)				
		1	2	3	4	5
Optimista	33	$18.000	$12.000	$16.000	$21.000	$12.000
Normal	44	$11.000	$6.000	$10.000	$12.000	$10.000
Pesimista	23	$0	–$7.000	–$1.000	–$2.000	$0

10.26 Con los antecedentes del Ejercicio 10.25:

a. Señale qué proyectos cumplen con el criterio de nivel de aspiración, de no aprobar proyectos cuyos VAN sean negativos en cualquiera de los escenarios proyectados.

b. Bajo el criterio de valor esperado, indique qué proyecto debe ser seleccionado.

c. Agregando a los antecedentes anteriores un coeficiente de aversión al riesgo de 0,8, elija el proyecto que mejor cumple con el criterio de equivalencia de certeza.

10.27 Elabore una escala de prioridades en la selección de los siguientes cuatro proyectos, que se evalúan bajo condiciones de riesgo, según los criterios de valor esperado y de equivalencia de certeza.

Escenario	Probabilidad (%)	VAN proyecto ($)			
		A	*B*	*C*	*D*
1	6	$300	$180	$290	$240
2	18	$250	$160	$260	$160
3	40	$150	$120	$160	$20
4	26	$80	$10	$0	–$100
5	10	–$60	–$20	–$90	–$180

10.28 Determine el coeficiente beta para la industria a partir de las siguientes rentabilidades promedios para el sector y el mercado.

Año	Rentabilidad de la industria (%)	Rentabilidad del mercado (%)
2000	5,3	6,1
2001	7,1	6,9
2002	7,6	8,0
2003	8,4	8,2
2004	8,8	9,0
2005	8,1	8,5
2006	7,9	8,0
2007	8,6	8,0
2008	10,4	9,6
2009	8,2	9,3
2010	9,0	9,7

10.29 Una empresa que elabora productos derivados de la leche está evaluando la posibilidad de procesar y vender el suero que hoy es desechado. Se han calculado todos los costos y estudiado todos los elementos técnicos. Sin embargo, no se ha llevado a cabo un estudio del mercado, por cuanto la totalidad de la producción será vendida a un agricultor cercano que la empleará en la alimentación de su ganado. Con la siguiente información, determine el precio mínimo sobre el cual se deberá realizar la negociación.

- Inversión en equipos: $162.000.000.
- Compra de vehículo: $7.000.000.
- Suero producido anualmente: 3.000.000 litros.
- Pérdida en la recuperación de suero: 3% por manipulación.
- Costo en mano de obra: $10 por litro procesado.
- Costo de manejo de suero: $3 por litro procesado.
- Costos fijos incrementales: $22.000.000 al año.

En cuanto a los equipos, 50% debe ser sustituido cada ocho años, aunque todos los activos se pueden depreciar en 10 años. El valor de salvamento esperado es de 10% del valor de adquisición. El resto de los equipos tienen una vida útil real de 10 años y se consideran sin valor de venta.

El vehículo será reemplazado cada seis años, y se estima un valor de salvamento de $2.800.000.

La inversión en capital de trabajo se estima en el equivalente a 45% del costo variable anual.

La tasa de impuesto a las utilidades es de 15% y la de descuento es de 18%.

Si todas las variables tuviesen una distribución de probabilidades normal, determine en qué porcentaje de los escenarios sería negativo el VAN.

10.30 Una empresa recibe un pedido especial para atender la demanda de insumos de una empresa constructora que edificará, en un terreno muy cercano, varios conjuntos habitacionales, en cada uno de los cuales se demorará tres años. Por no tener carácter permanente, la empresa evalúa las opciones de pagar horas extras o contratar un segundo turno para atender el pedido, aunque evitará la inversión en un crecimiento, ya que no existe seguridad de lograr una desinversión conveniente al cabo de los tres años. Los antecedentes conocidos son los siguientes.

- Costo de la mano de obra en horario normal: $20 por hora.
- Costo adicional por horas extras: $15 por hora.
- Costo de la mano de obra en segundo turno: $28 por hora.
- Tasa de producción: 10 unidades por hora.
- Demanda estimada para el primer año: 120.000 unidades.
- Demanda estimada para el segundo año: 170.000 unidades.
- Demanda estimada para el tercer año: 110.000 unidades.

Si se opta por un segundo turno, se deberá contratar, además, un supervisor cuyo costo anual asciende a $50.000.

El proyecto de la empresa constructora es edificar cada conjunto en función de las ventas que logre, y no sabe exactamente cuántos conjuntos se adjudicará en el sector, por lo que no puede garantizar esas cantidades anuales, las que podrán ser mayores o menores, según sea su propia demanda de mercado. Lo que sí asegura es que la estructura de compra que hará a la empresa se mantendrá en la proporción indicada; es decir, 30% el primer año, 42,5% el segundo y 27,5% el tercero.

Si la tasa de impuesto es de 15% y la de costo de capital es de 12%, determine en qué porcentaje se pueden modificar las compras de la constructora para que empiece a convenir la opción de horas extras en vez de segundo turno.

10.31 En la evaluación de un nuevo proyecto, una empresa duda del comportamiento futuro del precio del transporte y de la cantidad de producción. El proyecto consiste en invertir $12.000.000 en una máquina que aumentará la producción y las ventas en 10.000 unidades. Como no existe mucha capacidad disponible de transporte, es posible que los dueños de los vehículos presionen las tarifas al alza.

La información disponible es la siguiente.

- Precio unitario: $1.100.
- Costo del flete por unidad transportada: $190.
- Costo variable unitario de producción: $450.
- Costo fijo incremental: $1.800.000 anuales.

El proyecto se evalúa a cinco años, la tasa de impuesto es de 15% y la de descuento es de 10%. Al cabo de cinco años, la inversión tendrá un valor de liquidación de $5.000.000. Toda la inversión se deprecia en cinco años.

a. Determine, mediante un análisis de tornado, cuáles son las dos variables que más impactan sobre el VAN.

b. Si ambas variables tuviesen un comportamiento posible de explicar por una distribución normal, defina la probabilidad de que el proyecto sea exitoso.

c. Calcule el precio más alto que podría pagarse por el flete externo para que ambas alternativas sean indiferentes al inversionista.

d. Calcule la cantidad mínima a vender si el producto elaborado fuese perecible en el corto plazo.

Capítulo

11

Cómo calcular el costo de capital[1]

En los capítulos anteriores, se expuso acerca de la evaluación de proyectos bajo condiciones de certidumbre, incertidumbre y riesgo, utilizando una tasa de actualización que se supuso conocida. La importancia que esta tasa tiene en el cálculo de la rentabilidad de un proyecto se manifiesta en que un pequeño error en su determinación y en su uso puede hacer que un proyecto rentable se exprese como no rentable, y viceversa.

El objetivo de este capítulo es estudiar, en una primera instancia, los aspectos conceptuales y las alternativas metodológicas generales para calcularlo; y, luego, las consideraciones particulares que hacen necesaria su modificación cuando la empresa evalúa proyectos que cambian su estructura de financiamiento o existen riesgos distintos del de la propia empresa.

1 Agradezco a mi gran amigo Fernando Romero los importantes aportes que hizo a este capítulo.

11.1 Costo de capital

El costo de capital representa la tasa de retorno exigida a la inversión realizada en un proyecto, para compensar el costo de oportunidad[2] de los recursos destinados a él y el riesgo que deberá asumir. Con ella se descontarán los flujos futuros proyectados para calcular su valor actual neto. Esto requiere, en primer lugar, determinar una tasa que pueda ser considerada como el equivalente a una tasa libre de riesgo y que sea representativa de la mejor opción segura a la que podría acceder el inversionista, a la cual se le agrega una prima por cada tipo de riesgo asociado específicamente con el proyecto.

La prima por riesgo referencial más utilizada es la que se calcula como la diferencia entre la rentabilidad promedio observada en el mercado financiero, en instrumentos de renta variable a los que puede acceder el inversionista, menos la tasa de retorno de instrumentos libres de riesgo. En otras palabras, corresponde al exceso de rentabilidad que se exige por invertir en un proyecto riesgoso y supone que las mayores rentabilidades en un mercado riesgoso que han obtenido otros inversionistas equivalen al riesgo que asumen al no optar por inversiones no riesgosas.

Como se mencionó anteriormente, existen dos análisis igualmente importantes y complementarios, que buscan medir, por un lado, la rentabilidad del negocio y, por otro, la del inversionista. Cada análisis requerirá definir un flujo de caja particular al cual se aplicará una tasa de descuento que sea coherente con cada flujo de caja.

Para medir la rentabilidad del inversionista, sin embargo, existen tres procedimientos distintos que conducen a un único resultado, dependiendo de cómo se elabore el flujo de caja y de la determinación correcta de la tasa de costo de capital que debe usarse para cada uno.

En primer lugar, se analiza el flujo de caja del proyecto, lo que es similar a considerar que la inversión se financia en su totalidad con recursos propios. Posteriormente, se explican las distintas opciones de cómo incorporar el efecto de la deuda al financiamiento del proyecto.

11.2 Proyecto completamente financiado con capital propio

Si el objetivo es medir la rentabilidad del proyecto como un negocio independiente de la forma en que se financia o, lo que es lo mismo, que toda la inversión se financie con recursos propios, el total de activos será igual al patrimonio. De aquí se deduce que:

Flujo del activo = flujo del patrimonio

Flujo de caja del proyecto = flujo de caja del patrimonio

Costo de capital desapalancado (Ku) = costo de capital del inversionista (Ke)

2 La rentabilidad que obtendría el inversionista en otras inversiones posibles que dejaría de hacer para destinarlas al proyecto.

El objetivo, entonces, será calcular el costo de capital desapalancado (*Ku*), el cual se define como la tasa esperada de retorno que se obtendría en el mercado de capitales por inversiones con similar riesgo. De aquí que, en una primera instancia, la tasa de costo de capital debe ser igual a la rentabilidad esperada de un activo financiero de riesgo comparable. Esto, considerando que el inversionista solo estará dispuesto a invertir en un proyecto si su rentabilidad esperada es más alta, en igualdad de condiciones de riesgo, que la que obtendría invirtiendo en activos financieros, como por ejemplo acciones.

Sin embargo, es muy probable que sus opciones de inversión tengan riesgos distintos, por lo que el costo de capital se define como la mejor rentabilidad esperada después de su ajuste por riesgo.

Cuando el inversionista distribuye sus recursos en varios proyectos (no pone todos los huevos en una misma canasta), una parte del riesgo se elimina mediante esa diversificación. De aquí que los riesgos relevantes sean aquellos que no se eliminan con la diversificación.

Se considera como tasa libre de riesgo a la mejor opción existente al momento de evaluar el proyecto entre todas aquellas que se estiman de cero riesgo, como por ejemplo la tasa de licitación de bonos a plazo fijo del banco central o los depósitos en instrumentos de ahorro a plazo con giro diferido del banco estatal. Generalmente, se elige la primera porque es más alta que la segunda y porque el horizonte de la inversión es a más largo plazo (cinco o 10 años *versus* un año en las libretas de ahorro) y, por lo tanto, es más representativa respecto del horizonte de evaluación en un proyecto.

Como se explicó en el Capítulo 10, el riesgo asociado con una inversión se define por su beta (β), el cual corresponde al factor que representa en cuánto afectan las fluctuaciones observadas en la rentabilidad de todo el mercado a la rentabilidad de una empresa similar a la del proyecto. En otras palabras, el coeficiente beta es el factor de medida de riesgo sistemático de invertir en la industria.

La rentabilidad esperada para la empresa se puede calcular mediante el modelo para la valoración de los activos de capital (CAPM, por sus siglas en inglés[3]), que señala que la tasa exigida de rentabilidad es igual a la tasa libre de riesgo más una prima por riesgo:

$$Ku = Rf + \beta u\ (Rm - Rf) \tag{11.1}$$

Donde *Ku* es la rentabilidad esperada de la industria; *Rf*, la tasa libre de riesgo; β*u*, el beta desapalancado, y *Rm*, la tasa de retorno esperada para el mercado.

3 *Capital assets price model.*

En países donde no existen indicadores de rentabilidad en el mercado de acciones de largo plazo y confiables, ni tampoco series históricas suficientes o cuyas economías hayan tenido cambios estructurales importantes, es posible recurrir a estimaciones internacionales[4], y lo más frecuente es asociarlo con la rentabilidad del mercado de Estados Unidos.

Sin embargo, como los riesgos en los países más desarrollados no son iguales a los de los países emergentes, es necesario realizar un ajuste adicional por el mayor riesgo de invertir en estos últimos. Una forma de hacerlo es comparar la tasa de interés a la que se transan los bonos de deuda soberana emitidos por cada uno (ya que esta crece mientras más se perciba la posibilidad de que la deuda no se pague). La diferencia se suma en la Ecuación 11.1, y se obtiene:

$$Ku = Rf + \beta u\ (Rm - Rf) + Rp \quad (11.2)$$

Donde *Rp* es la prima por riesgo país[5].

Ejemplo 11.1

Suponiendo que la inversión se financia solamente con capital propio, que el coeficiente beta de la industria es de 1,18, que la tasa libre de riesgo es de 6% y que la rentabilidad observada en el mercado es de 9,5%, la prima por riesgo (*Rm* − *Rf*) sería de 3,5% (9,5% − 6%). Si se agrega un *Rp* de 1,2%, la tasa de descuento del proyecto, reemplazando en la Ecuación 11.2, se obtendría:

$$Ku = 6\% + 1{,}18\ (9{,}5\% - 6\%) + 1{,}2 = 11{,}33\%$$

Si el flujo de caja de un proyecto que se evalúa en un horizonte de 10 años fuese el que se muestra en la Tabla 11.1, al descontar los flujos futuros al 11,33%, se obtendrían un VAN de $204.986 y una TIR de 15,43%, que representan la rentabilidad del total de los recursos invertidos en el negocio, independientemente de quien lo haga.

La suposición de que la inversión se financia en su totalidad con recursos propios no es realista en la gran mayoría de los casos. Sin embargo, la importancia de calcular el flujo del proyecto puro radica en que permite apreciar cuán bueno es un negocio independientemente de quien lo haga. Obviamente, las instituciones que destinan recursos a financiar proyectos de fomento o algunas inversiones sociales valoran esta información, porque complementa a la que utilizan en el proceso de priorización en la asignación de recursos.

4 En internet es fácil encontrar betas desapalancados que pueden ser utilizados en mercados emergentes, como los proporcionados por el profesor Aswath Damodaran (www.stern.nyu.edu/~adamodar).

5 En estudios a nivel de factibilidad, es posible incluso agregar una prima por riesgo asociada con el tamaño del proyecto, debido a que se puede considerar que mientras más pequeña sea la empresa, más riesgo exhibe. Para ello, se recurre a correlacionar los betas de las empresas más pequeñas de la industria con el tamaño definido en el valor monetario del total de activos y aplicar la ecuación de la regresión a la inversión del proyecto.

Tabla 11.1 ***Flujo de caja del proyecto***

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos		$256.000	$307.200	$313.344	$319.611	$326.003	$332.523	$339.174	$345.957	$352.876	$359.934
Venta activo *A*					$40.000				$40.000		
Venta activo *B*							$15.000				
Costo variable		−$80.000	−$96.000	−$97.920	−$99.878	−$101.876	−$103.913	−$105.992	−$108.112	−$110.274	−$112.479
Costo fijo		−$20.000	−$20.000	−$20.000	−$20.000	−$20.000	−$20.000	−$20.000	−$20.000	−$20.000	−$20.000
Depreciación construcción		−$10.000	−$10.000	−$10.000	−$10.000	−$10.000	−$10.000	−$10.000	−$10.000	−$10.000	−$10.000
Depreciación activo *A*		−$10.000	−$10.000	−$10.000	−$10.000	−$10.000	−$10.000	−$10.000	−$10.000	−$10.000	−$10.000
Depreciación activo *B*		−$30.000	−$30.000	−$30.000	−$30.000	−$30.000	$0	−$30.000	−$30.000	−$30.000	−$30.000
Valor libro					−$60.000		$0		−$60.000		
Utilidad		$106.000	$141.200	$145.424	$129.732	$154.127	$203.610	$163.182	$147.846	$172.602	$177.454
Impuesto		−$18.020	−$24.004	−$24.722	−$22.055	−$26.202	−$34.614	−$27.741	−$25.134	−$29.342	−$30.167
Utilidad neta		$87.980	$117.196	$120.702	$107.678	$127.926	$168.996	$135.441	$122.712	$143.260	$147.287
Depreciación construcción		$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000
Depreciación activo *A*		$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000
Depreciación activo *B*		$30.000	$30.000	$30.000	$30.000	$30.000	$0	$30.000	$30.000	$30.000	$30.000
Valor libro					$60.000		$0		$60.000		
Inversiones	−$875.000				−$100.000		−$150.000		−$100.000		
Capital de trabajo	−$25.000	−$4.000	−$480	−$490	−$499	−$509	−$520	−$530	−$541	−$551	$33.120
Valor de desecho contable											$635.000
Flujo proyecto	−$900.000	$133.980	$166.716	$170.212	$117.179	$177.416	$38.476	184.911	$132.171	$192.709	$865.407

11.3 Proyecto financiado con deuda y capital propio

Para incorporar el efecto de un eventual endeudamiento sobre la rentabilidad de la inversión, a continuación se explican las diferentes formas de calcular la tasa de descuento que debe usarse para evaluar un proyecto financiado, consecuentemente con la forma elegida para construir el flujo de caja.

La situación de una deuda es comparable con la de un apalancamiento operacional u operativo. Cuando una empresa tiene costos fijos más altos y costos variables unitarios más bajos, respecto de otra cuyos costos fijos son bajos y cuyos costos variables unitarios son altos, se dice que tiene un apalancamiento operativo mayor, ya que una variación en el nivel de ventas impacta más fuertemente en la variación de los beneficios.

Ejemplo 11.2

Dos empresas que elaboran un mismo producto utilizan alternativas tecnológicas distintas con las siguientes estructuras de costos.

	Tecnología *A*	Tecnología *B*
Precio de venta del producto	$200	$200
Costo variable unitario	$120	$90
Margen de contribución	$80	$110
Costo fijo	$12.000	$20.000

En este caso, la empresa que usa la opción tecnológica *B* tiene un apalancamiento operativo mayor, ya que un incremento en las ventas aporta $110 por cada unidad, mientras que en la otra solo contribuye con $80. De la misma forma, una reducción en la actividad afecta más fuertemente a la empresa que usa la tecnología *B*, ya que deja de recibir más beneficios por cada unidad que se deje de vender, pero mantiene compromisos de pago sobre los costos fijos.

Cuando una empresa se endeuda para financiar un proyecto, asume la responsabilidad de pago de los intereses, independientemente del comportamiento de sus ventas, por lo que dicho pago tiene el carácter de costo fijo. A este caso se lo denomina apalancamiento financiero.

Existen tres formas para calcular el VAN que reportan los recursos propios al inversionista por los recursos propios que invierte en el proyecto, si opta por financiar una parte con deuda. Todas deben conducir a un mismo resultado, si se determina y aplica consistentemente el modelo asociando a cada flujo de caja opcional la tasa de descuento correspondiente:

1. Incluir en el flujo de caja del proyecto el efecto del préstamo, los intereses (con su efecto tributario) y la amortización de la deuda.
2. Incluir en el flujo de caja del proyecto solo el efecto del ahorro tributario (escudo fiscal) de los intereses de la deuda.
3. Incluir el efecto del financiamiento en la tasa de descuento y aplicarla al flujo de caja del proyecto.

11.3.1 Flujo de caja neto de deuda o flujo del inversionista

Como se expuso anteriormente, para calcular el flujo de caja del inversionista se debe agregar el efecto de la deuda al flujo ya calculado para el proyecto, dado que el activo total será ahora igual al resultado de la suma del patrimonio con la deuda. Esto es:

Flujo del activo – flujo de la deuda = flujo del patrimonio
Flujo del capital invertido – flujo de caja de la deuda = flujo de caja del inversionista

Para incorporar el efecto de la deuda, se procede a calcular el valor de la cuota y la tabla de pagos, para diferenciar la parte de la cuota que corresponde a intereses, y que es deducible de impuestos, de aquella que corresponde a la amortización de la deuda.

Ejemplo 11.3

Si se supone que la inversión requerida en el proyecto utilizado en el Ejemplo 11.1 se financia en 60% con un préstamo a ocho años plazo y con una tasa de interés de 10% anual, el flujo del pago de la deuda desagregado anualmente por amortización e intereses se muestra en la Tabla 11.2.

Tabla 11.2 ***Tabla de amortización e intereses***

Final del periodo	Saldo deuda ($)	Cuota ($)	Interés ($)	Amortización ($)
0	$540.000	$101.220	–$54.000	–$47.220
1	$492.780	$101.220	–$49.278	–$51.942
2	$440.838	$101.220	–$44.084	–$57.136
3	$383.703	$101.220	–$38.370	–$62.850
4	$320.853	$101.220	–$32.085	–$69.134
5	$251.719	$101.220	–$25.172	–$76.048
6	$175.671	$101.220	–$17.567	–$83.653
7	$92.018	$101.220	–$9.202	–$92.018
8	$0	$0	$0	$0
9	$0	$0	$0	$0

Al incorporar el efecto de la deuda en el flujo de caja del proyecto, se obtiene como resultado el flujo de la Tabla 11.3.

Tabla 11.3 ***Flujo de caja del inversionista***

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos		$256.000	$307.200	$313.344	$319.611	$326.003	$332.523	$339.174	$345.957	$352.876	$359.934
Venta activo *A*					$40.000				$40.000		
Venta activo *B*							$15.000				
Costo variable		–$80.000	–$96.000	–$97.920	–$99.878	–$101.876	–$103.913	–$105.992	–$108.112	–$110.274	–$112.479
Costo fijo		–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000
Intereses		–$54.000	–$49.278	–$44.084	–$38.370	–$32.085	–$25.172	–$17.567	–$9.202		
Depreciación construcción		–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000
Depreciación activo *A*		–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000
Depreciación activo *B*		–$30.000	–$30.000	–$30.000	–$30.000	–$30.000	$0	–$30.000	–$30.000	–$30.000	–$30.000
Valor libro					–$60.000		$0		–$60.000		
Utilidad		$52.000	$91.922	$101.340	$91.362	$122.042	$178.438	$145.615	$138.644	$172.602	$177.454
Impuesto		–$8.840	–$15.627	–$17.228	–$15.532	–$20.747	–$30.334	–$24.755	–$23.569	–$29.342	–$30.167
Utilidad neta		$43.160	$76.295	$84.112	$75.831	$101.295	$148.103	$120.860	$115.074	$143.260	$147.287
Depreciación construcción		$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000
Depreciación activo *A*		$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000
Depreciación activo *B*		$30.000	$30.000	$30.000	$30.000	$30.000	$0	$30.000	$30.000	$30.000	$30.000
Valor libro					$60.000		$0		$60.000		
Inversiones	–$875.000				–$100.000		–$150.000		–$100.000		
Capital de trabajo	–$25.000	–$4.000	–$480	–$490	–$499	–$509	–$520	–$530	–$541	–$551	$33.120
Préstamo	$540.000										
Amortización del préstamo		–$47.220	–$51.942	–$57.136	–$62.850	–$69.134	–$76.048	–$83.653	–$92.018	$0	$0
Valor de desecho contable											$635.000
Flujo inversionista	–$360.000	$41.940	$73.873	$76.487	$22.482	$81.651	–$58.464	$86.678	$32.516	$192.709	$865.407

En el caso anterior, donde se supuso que todo el proyecto se financia con recursos propios, la tasa de descuento del proyecto (*Ku*) y la del inversionista (*Ke*) eran iguales, porque el proyecto se evaluaba sin endeudamiento. En este caso, al incluirse la deuda, la tasa de descuento del inversionista corresponderá a un *Ke* apalancado.

Cuando el proyecto se financia con deuda y con aportes propios, la tasa de descuento se debe calcular como un costo ponderado del capital entre ambas fuentes de financiamiento. Al ir amortizándose la deuda, cambia la estructura de capital, por lo que se deberá calcular la tasa ponderada individualmente para cada uno de los periodos, aunque el costo de la deuda y del patrimonio se mantenga en el tiempo.

Como los intereses de la deuda constituyen un gasto deducible de impuestos (17% de las utilidades en este caso), el flujo de caja aumentará en 17% del monto anual de los intereses, lo que se denomina escudo fiscal.

Para determinar la tasa de descuento correspondiente a cada periodo, se calcula el costo promedio ponderado del capital (CPPC o WACC, por sus siglas en inglés[6]), entre deuda y patrimonio.

En este caso, como el escudo fiscal quedó incorporado en el flujo de caja del inversionista, en el cálculo de la tasa de descuento debe omitirse el efecto tributario de los intereses. El costo promedio ponderado del capital, sin ajustes de impuestos, se calcula por:

$$CPPC_t^{AT} = Ku_t = Ke_t \frac{E_{t-1}}{(E_{t-1} + D_{t-1})} + Kd \frac{D_{t-1}}{(E_{t-1} + D_{t-1})} \tag{11.3}$$

Donde $CPPC_t^{AT}$ es el costo promedio ponderado del capital antes de impuestos para el periodo t; Ku_t, el costo promedio ponderado del capital para el periodo t; Ke_t, el costo de capital patrimonial en el periodo t; $\frac{E_{t-1}}{(E_{t-1} + D_{t-1})}$, el porcentaje del patrimonio (E_{t-1}) sobre el total de los activos ($E_{t-1} + D_{t-1}$) para el periodo $t - 1$, y $\frac{D_{t-1}}{(E_{t-1} + D_{t-1})}$, el porcentaje de deuda (D_{t-1}) sobre el total de los activos para el periodo $t - 1$.

El cálculo del costo de capital sobre la proporción entre deuda y patrimonio del periodo $t - 1$ es porque se aplica a los saldos adeudados y al patrimonio vigentes al final del periodo anterior.

Dos errores muy frecuentes al calcular el costo promedio ponderado del capital para un proyecto de inversión son suponer que la tasa permanece inalterable durante todo el horizonte de evaluación y que pueden usarse los valores contables para determinar los valores de mercado.

En un proyecto de inversión, el valor de mercado de los activos y del patrimonio es precisamente el VAN que se desea calcular. El valor de mercado de la deuda, sin embargo, corresponde a su valor contable, por tener implícito un costo financiero conocido.

Cuando se utiliza la misma tasa de descuento para todo el flujo de caja, se recurre a la función VNA del Excel para calcular su valor actual, tal como se explicó en capítulos anteriores. Cuando las tasas de cada periodo son diferentes, el valor actual del

6 *Weighted average cost of capital*.

flujo (VAF) al periodo t se calcula acumulando el valor actual del periodo $t + 1$ con el flujo del periodo t, mediante:

$$VAF_t = \frac{F_{t+1}}{(1 + Ku_{t+1})} + F_t \quad (11.4)$$

que es lo mismo que:

$$F_{t-1} = VAF_{t-1} = \frac{VAF_t}{(1 + Ku_t)} \quad (11.5)$$

Donde VAF_t es el flujo actualizado al periodo t, o del periodo actual; F_t, el flujo en el periodo t; F_{t-1}, el flujo del periodo $t - 1$, o del periodo anterior, y Ku_t, la tasa de descuento correspondiente al periodo t.

Por ejemplo, la Tabla 11.4 muestra el flujo de caja de un proyecto que se evalúa a tres años con tasas de costo de capital anual de 10,3%, 9,5% y 7,7%, respectivamente, y el cálculo del VAN, actualizando cada año el flujo de caja acumulado, a su tasa de descuento correspondiente.

Tabla 11.4 ***Cálculo del VAN a tasas de descuento anuales diferentes***

		0	1	2	3
Tasa anual			10,3%	9,5%	7,7%
Flujo		–$1.000,00	$400,00	$450,00	$500,00
VA flujo 3 al periodo 2	500 / (1 + 0,077)			$464,25	
VAF_2		–$1.000,00	$400,00	$914,25	
VA flujo 2 al periodo 1	914,25 / (1 + 0,095)		$834,93		
VAF_1		–$1.000,00	$1.234,93		
VA flujo 1 al periodo 0	1.234,93 / (1 + 0,103)	$1.119,61			
VAF_0	VAN	$119,61			

De acuerdo con lo anterior, para calcular la tasa anual correspondiente al flujo de la Tabla 11.3, se supondrá que tanto el *Ku* (11,33%) como el *Kd* (10%) permanecen constantes durante todo el periodo. Como el flujo que se va a evaluar es el del inversionista, la tasa de descuento a utilizar es la del costo de capital propio. Como la relación deuda/capital va decreciendo a medida que se va pagando el préstamo, el

costo de capital propio variará periodo a periodo. Para determinar este costo para cada uno de los periodos, se despeja el factor Ke_t de la Ecuación 11.3, de lo que resulta[7]:

$$Ke_t = Ku + \frac{(Ku_t - Kd)D_{t-1}}{E_{t-1}} \qquad (11.6)$$

Esto crea un aparente problema: para hallar el valor de mercado de *E*, se requiere conocer el valor de *Ke,* y para calcular *Ke*, se utiliza el valor de mercado de *E*. Esto, conocido como referencia circular, lo resuelve el Excel previa activación de la opción correspondiente. Para ello, se debe marcar el botón de Office que se encuentra en el extremo superior izquierdo de la pantalla, se hace clic en **Opciones de Excel** y, luego, en la categoría **Fórmulas**. En la sección **Opciones de cálculo**, se activa la casilla **Habilitar cálculo iterativo**.

La Figura 11.1 muestra, en la fila 2, el saldo adeudado al final de cada periodo *t*, de acuerdo con lo calculado en la Tabla 11.2. Por ejemplo, los $251.719 de la celda G2 muestran el saldo de la deuda al final del periodo 5.

El valor del patrimonio (fila 3) para cada periodo se obtiene al reemplazar con los valores correspondientes la Ecuación 11.5. Por ejemplo, el valor para el periodo 5 (celda G3) se obtiene de:

$$E_5 = \frac{VAF_6}{(1 + Ke_6)} = \frac{H3}{(1 + H4)} = \frac{804.004}{(1 + 0{,}1183)} = 666.659$$

7
$$Ku_t = Ke_t \frac{E_{t-1}}{E + D} + Kd \frac{D_{t-1}}{E + D}$$
$$Ke_t \frac{E_{t-1}}{E + D} = Ku_t - Kd \frac{D_{t-1}}{E + D}$$
$$Ke_t E_{t-1} = Ku_t (E_{t-1} + D_{t-1}) - Kd \frac{D_{t-1}}{(E + D)(E_{t-1} + D_{t-1})}$$
$$Ke_t E_{t-1} = Ku_t (E_{t-1} + D_{t-1}) - KdD_{t-1}$$
$$Ke_t E_{t-1} = Ku_t E_{t-1} + Ku_t D_{t-1} - KdD_{t-1}$$
$$Ke_t E_{t-1} = Ku_t E_{t-1} + (Ku_t - Kd)D_{t-1}$$
$$Ke_t = \frac{Ku_t E_{t-1}}{E_{t-1}} + \frac{(Ku_t - Kd)D_{t-1}}{E_{t-1}}$$
$$Ke_t = Ku_t + \frac{(Ku_t - Kd)D_{t-1}}{E_{t-1}}$$

La fila 7 muestra el *Ke* para cada periodo, calculado con base en la Ecuación 11.6. En este caso, el *Ke* de la celda G6 para el periodo 5 se determina por:

$$Ke_5 = 0{,}1133 + (0{,}1133 - 0{,}10) * \frac{320.000}{668.322} = 0{,}1197$$

Figura 11.1
Hoja Excel para el cálculo de la tasa de descuento anual y el valor del patrimonio

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Periodo (t)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	D_t (Saldo deuda final periodo t)	540.000	492.780	440.838	383.703	320.853	251.719	175.671	92.018	0	0	0
3	E_t (Valor del patrimonio)	583.077	614.382	616.672	615.917	668.322	666.659	804.004	810.756	871.323	777.335	0
4	Ke_t = 0,1133+(0,1133-0,10)*D_{t-1}/E_{t-1}		12,56%	12,40%	12,28%	12,16%	11,97%	11,83%	11,62%	11,48%	11,33%	11,33%
5												
6												
7	Ke_t		12,56%	12,40%	12,28%	12,16%	11,97%	11,83%	11,62%	11,48%	11,33%	11,33%
8	Periodo (t)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9	Flujo inversionista	-360.000	41.940	73.873	76.487	22.482	81.651	-58.464	86.678	32.516	192.709	865.407
10	E_t	583.077	614.382	616.672	615.917	668.322	666.659	804.004	810.756	871.323	777.335	
11	VAF_t	223.077	656.322	690.545	692.404	690.804	748.310	745.539	897.434	903.838	970.044	865.407

El VAN del proyecto con deuda, entonces, es el valor actualizado del flujo anual (VAF_t) a la respectiva tasa de descuento Ke_t menos la inversión propia inicial, y corresponde a los $223.077 de la columna 0 (celda B11).

11.3.2 Flujo de caja neto del escudo fiscal o flujo de caja del capital

Una segunda manera de calcular el VAN del inversionista es corregir el flujo de caja del proyecto por el efecto del ahorro tributario de los intereses.

Tomando como base el flujo de caja del proyecto que se presentó en la Tabla 11.1, el escudo fiscal anual se calcula multiplicando los intereses determinados para cada periodo por la tasa de impuesto a las utilidades de 17%, para este caso, tal como muestra la Tabla 11.5.

Tabla 11.5 ***Cálculo del escudo fiscal***

Final del periodo ($)	Saldo deuda ($)	Cuota ($)	Interés ($)	Amortización ($)	Escudo fiscal ($)
0	$540.000	$101.220	–$54.000	–$47.220	$9.180
1	$492.780	$101.220	–$49.278	–$51.942	$8.377
2	$440.838	$101.220	–$44.084	–$57.136	$7.494
3	$383.703	$101.220	–$38.370	–$62.850	$6.523
4	$320.853	$101.220	–$32.085	–$69.134	$5.455
5	$251.719	$101.220	–$25.172	–$76.048	$4.279
6	$175.671	$101.220	–$17.567	–$83.653	$2.986
7	$92.018	$101.220	–$9.202	–$92.018	$1.564
8	$0	$0	$0	$0	$0
9	$0	$0	$0	$0	$0

Al agregar el ahorro tributario correspondiente a los intereses anuales al flujo de caja del proyecto, se obtiene como resultado el flujo de caja con escudo fiscal que se muestra en la Tabla 11.6.

Tabla 11.6 ***Flujo de caja corregido por escudo fiscal***

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Flujo proyecto	–$900.000	$133.980	$166.716	$170.212	$117.179	$177.416	$38.476	$184.911	$132.171	$192.709	$865.407
Escudo fiscal		$9.180	$8.377	$7.494	$6.523	$5.455	$4.279	$2.986	$1.564	$0	$0
Flujo caja con escudo fiscal	–$900.000	$143.160	$175.093	$177.707	$123.702	$182.871	$42.756	$187.897	$133.736	$192.709	$865.407

Como el efecto del escudo fiscal se incluyó en el flujo de caja, para calcular el costo promedio ponderado del capital debe nuevamente extraerse de la tasa de descuento, para lo cual se aplica la Ecuación 11.3.

Por ejemplo, para calcular la tasa de descuento para el flujo del periodo 4, la Ecuación 11.3 quedaría como sigue.

$$Ku_4 = 0{,}1216 * \frac{615.917}{999.619} + 0{,}1 * \frac{383.703}{999.619} = 0{,}1133$$

Como se puede observar, el costo promedio ponderado del capital es igual a la tasa de costo de capital del inversionista, en todos los años, por lo que este segundo procedimiento es el más simple de usar. Es decir, basta con sumar en cada periodo el escudo fiscal al flujo de caja del proyecto y actualizar el flujo resultante a la tasa de costo de capital propio para determinar el VAN.

Al proceder a actualizar el flujo de caja a la tasa de 11,33% y sumarle el total de la inversión del proyecto en el momento 0, se obtiene el mismo VAN de $223.077 que se determinó con el método anterior.

11.3.3 Flujo de caja sin escudo fiscal o flujo de caja libre

El tercer método para calcular el VAN incorpora el ahorro tributario de los intereses de la deuda en la tasa de descuento que actualizará el flujo de caja del proyecto y no como un beneficio monetario generado por el escudo fiscal.

Como en este caso no se incluyó el efecto del escudo fiscal en el flujo de caja, para calcular el costo promedio ponderado del capital después de impuestos (o simplemente CPPC), su efecto debe contemplarse dentro de la tasa de descuento. Para ello, la Ecuación 11.3 se puede expresar como:

$$CPPC_t = Ke_t \frac{E_{t-1}}{E_{t-1} + D_{t-1}} + Kd(1-t)\frac{D_{t-1}}{E_{t-1} + D_{t-1}} \tag{11.7}$$

Donde $CPPC_t$ es el costo promedio ponderado del capital después de impuestos para el periodo t.

Para calcular la tasa de descuento correspondiente al periodo 4, la Ecuación 11.7 quedaría como sigue.

$$CPPC_4 = 0{,}1216 * \frac{615.917}{999.619} + 0{,}1 * 0{,}83 * \frac{383.703}{999.619} = 0{,}1068$$

Siguiendo el mismo procedimiento, se obtiene el costo promedio ponderado del capital para cada periodo, tal como se muestra en la fila 10 de la Figura 11.2.

Figura 11.2

Hoja Excel para el cálculo de la tasa de descuento anual antes de impuestos y el valor del patrimonio

B12 | f_x 223077

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Periodo (t)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	D_t (saldo deuda final periodo t)	540.000	492.780	440.838	383.703	320.853	251.719	175.671	92.018	0	0	0
3	E_t (calculado a Ke_t)	583.077	614.382	616.672	615.917	668.322	666.659	804.004	810.756	871.323	777.335	0
4	Ke_t		12,56%	12,40%	12,28%	12,16%	11,97%	11,83%	11,62%	11,48%	11,33%	11,33%
5												
6	Flujo inversionista	-360.000	41.940	73.873	76.487	22.482	81.651	-58.464	86.678	32.516	192.709	865.407
7	E_t (calculado a $CPPC_t$)	628.541	652.677	647.813	640.133	686.001	678.292	810.446	813.121	871.323	777.335	
8	VAF_t	268.541	694.617	721.686	716.620	708.483	759.943	751.982	899.799	903.839	970.044	865.407
9	Flujo proyecto	-900.000	133.980	166.716	170.212	117.179	177.416	38.476	184.911	132.171	192.709	865.407
10	$CPPC_t$		10,51%	10,57%	10,62%	10,68%	10,78%	10,86%	11,03%	11,16%	11,33%	11,33%
11												
12	VAF_t (calculado a $CPPC_t$)	223.077	1.123.077	1.107.162	1.057.510	999.619	989.175	918.378	979.674	902.774	871.323	777.335

Al actualizar los flujos de cada año a la tasa de descuento correspondiente, se obtiene el mismo VAN de $223.077.

Como se puede observar, los tres métodos conducen a un mismo resultado. Obviamente, si se calculan las TIR, todas serán distintas, ya que los tres flujos expresan condiciones distintas asociadas con sus respectivas tasas de descuento.

En resumen, se puede señalar que cada flujo de caja debe actualizarse a la siguiente tasa de descuento.

- Flujo de caja del inversionista: *Ke*.
- Flujo de caja del capital: *Ku* o $CPPC^{AT}$.
- Flujo de caja del proyecto o flujo de caja libre: *CPPC*.

Considerando que con los tres procedimientos se alcanza idéntico resultado, lo más conveniente es agregar al flujo de caja del proyecto el beneficio tributario de los intereses o escudo fiscal, y actualizarlo a la tasa de costo de capital desapalancado (*Ku*). De esta forma, se evita recurrir tanto a las iteraciones para solucionar las referencias circulares como a la actualización del flujo de caja acumulado en cada periodo a una tasa de descuento diferente para cada cálculo.

11.4 Variaciones en la tasa de descuento en proyectos en empresas en marcha

Al evaluar proyectos en empresas en marcha, se deben considerar no solo las variaciones en los flujos de costos y beneficios, sino también los cambios que pueden incidir sobre la tasa de costo de capital relevante para evaluar una nueva inversión. Esto último se observa principalmente cuando el proyecto modifica los niveles de riesgo.

Lo anterior se advierte, por ejemplo, cuando el proyecto tiene una alta importancia relativa en la cadena de valor de la empresa. Es el caso de evaluar una inversión (o un abandono) en un proyecto de imprenta para una empresa editorial. Probablemente, el riesgo del negocio de impresión sea diferente del riesgo del negocio editorial. Si el nuevo proyecto cambia la relación de riesgo de la inversión, el costo de capital patrimonial y el costo promedio ponderado del capital también cambian.

Ejemplo 11.4

Si los proyectos mineros de una empresa tienen una tasa libre de riesgo de 7%, si la rentabilidad promedio del mercado es de 14% y si el coeficiente beta de la industria es de 0,9, entonces el costo de capital patrimonial será:

$$0{,}07 + 0{,}9\ (0{,}14 - 0{,}07) = 0{,}133 = 13{,}3\%$$

Si la empresa evalúa una gran inversión para sustituir por un transporte propio el sistema de transporte que hoy contrata, lo más probable es que la magnitud del proyecto y su poca relación con el proceso central de la empresa hagan conveniente

evaluarlo a su propia tasa de costo de capital. Si el coeficiente beta para los proyectos de transporte fuese de 0,65, el costo de capital patrimonial para la empresa en este proyecto sería de:

$$0{,}07 + 0{,}65\ (0{,}14 - 0{,}07) = 0{,}1155 = 11{,}55\%$$

En proyectos de sustitución de activos, también es posible observar cambios en la tasa de descuento, con excepción de aquellos que reemplazarían la tecnología actual por otra similar, que no modifique el grado de riesgo ni la estructura de endeudamiento de la empresa.

Cuando la sustitución involucra un cambio tecnológico, como por ejemplo reemplazar el sistema de generación eléctrica de carbón por petróleo, lo más probable es que se produzca un cambio importante y significativo para la evaluación en la relación de riesgos.

En otros casos, el cambio tecnológico podría permitir el aprovechamiento de algún subproducto o desecho, como por ejemplo aprovechar el residuo suero en la fabricación de queso, vendiéndolo como insumo para la elaboración de alimentos para mascotas. Como cualquier proyecto de integración vertical de parte del proceso que se contrata externamente, el coeficiente beta que se considerará será el del proyecto a evaluar.

Si la ampliación pretende cubrir demanda insatisfecha local, el nivel de riesgo del proyecto diferirá de si se busca la expansión hacia mercados internacionales. En este último caso, el modelo CAPM deberá considerar el riesgo país.

Preguntas y problemas

11.1 Explique el concepto de tasa de retorno exigida.

11.2 Indique qué elementos componen el costo de capital de un proyecto.

11.3 ¿Cómo se puede estimar la prima por riesgo?

11.4 Defina el concepto de costo de capital desapalancado.

11.5 Explique cómo se calcula la tasa de rentabilidad mediante el modelo de valoración de los activos de capital.

11.6 ¿Qué es el riesgo país y cómo se agrega a la tasa de descuento de un proyecto?

11.7 Explique por qué el efecto del endeudamiento de un proyecto se asimila a un apalancamiento operacional.

11.8 ¿Qué es un apalancamiento financiero?

11.9 Señale las formas que existen para calcular la rentabilidad del inversionista.

11.10 ¿En qué consiste el análisis del flujo de caja neto de deuda?

11.11 ¿En qué se diferencian el flujo de caja neto de deuda y el que incluye el escudo fiscal?

11.12 Indique en qué caso son iguales la tasa de descuento del proyecto y la del inversionista.

11.13 Explique el concepto de costo promedio ponderado del capital.

11.14 Explique el concepto de costo promedio ponderado del capital antes de impuestos.

11.15 Señale los errores más frecuentes al calcular el costo promedio ponderado del capital.

11.16 ¿En qué caso el costo promedio ponderado del capital es equivalente al costo de capital propio?

11.17 Explique en qué consiste el ajuste a la tasa de descuento por efecto tributario.

11.18 Señale los tres flujos de caja para medir la rentabilidad del inversionista e indique la tasa de costo de capital que debe utilizarse en cada una.

11.19 Indique en qué casos un proyecto que se evalúa en una empresa en marcha altera su tasa de costo de capital.

11.20 ¿En qué caso la tasa de costo de capital de la empresa es alterada por el riesgo país?

11.21 Si la tasa libre de riesgo fuese de 3%, la rentabilidad observada en el mercado fuese de 11% y el coeficiente beta fuese de 1,23, ¿a qué tasa deberían descontarse los flujos del proyecto?

11.22 ¿Cuál es la tasa de descuento de un proyecto de inversión en una industria que tiene un beta de 0,95, que exhibe una rentabilidad en el mercado de 12%, que puede optar a una tasa libre de riesgo de 4% y donde el riesgo país se estima en 1,3%?

11.23 Calcule el VAN de un proyecto cuyo flujo de caja anual y su respectiva tasa de descuento anual son los siguientes.

	0	1	2	3	4	5
Flujo de caja	–$1.200	$300	$400	$500	$600	$700
Tasa de descuento anual		12%	11%	10,50%	10%	9%

11.24 Para un proyecto de inversión donde se estima el siguiente flujo de caja y donde el costo de capital del inversionista es de 12%, calcule la tasa de descuento anual para un flujo de caja neto de deuda, si se financia 65% de la inversión con deuda al 9% anual a 10 años plazo y con una tasa de impuesto a las utilidades de 17%.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos		$1.000	$1.200	$1.500	$1.500	$1.500	$1.500	$1.500	$1.500	$1.500	$1.500
Egresos		–$500	–$600	–$700	–$700	–$700	–$700	–$700	–$700	–$700	–$700
Depreciación		–$240	–$240	–$240	–$240	–$240	–$240	–$240	–$240	–$240	–$240
Utilidad		$260	$360	$560	$560	$560	$560	$560	$560	$560	$560
Impuesto		–$44	–$61	–$95	–$95	–$95	–$95	–$95	–$95	–$95	–$95
Utilidad neta		$216	$299	$465	$465	$465	$465	$465	$465	$465	$465
Depreciación		$240	$240	$240	$240	$240	$240	$240	$240	$240	$240
Inversión	–$3.200										
Valor de desecho											$400
Flujo de caja del proyecto	–$3.200	$456	$539	$705	$705	$705	$705	$705	$705	$705	$1.105

11.25 Con los datos del Ejercicio 11.24, calcule el VAN del proyecto y el VAN del inversionista.

11.26 Construya, con los antecedentes siguientes, el flujo de caja neto del escudo fiscal y calcule su VAN, si la tasa de costo de capital propio fuese de 11%, el proyecto se financiara con 50% de deuda al 7% anual y en un plazo de cuatro años, y si la tasa de impuesto a las utilidades fuese de 17%.

	0	1	2	3	4	5
Ingresos		$600	$800	$1.400	$1.400	$1.400
Egresos		–$200	–$267	–$467	–$467	–$467
Depreciación		–$100	–$100	–$100	–$100	–$100
Utilidad		$300	$433	$833	$833	$833
Impuesto		–$51	–$74	–$142	–$142	–$142
Utilidad neta		$249	$360	$692	$692	$692
Depreciación		$100	$100	$100	$100	$100
Inversión	–$1.800					
Valor de desecho						$200
Flujo de caja del proyecto	–$1.800	$349	$460	$792	$792	$992

11.27 Si el siguiente es el flujo de caja de un proyecto, calcule la tasa de descuento anual antes de impuestos, si dispone además de la información que sigue.

- La inversión se financiará en 60%, con deuda al 10% de interés anual y a seis años plazo.
- El costo de capital propio es de 18%.
- La tasa de impuesto es de 17%.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Ingresos		$2.000	$2.500	$2.800	$3.200	$3.500	$3.500	$3.500	$3.500
Egresos		–$800	–$1.200	–$1.400	–$1.700	–$2.000	–$2.000	–$2.000	–$2.000
Depreciación		–$400	–$400	–$400	–$400	–$400	–$400	–$400	–$400
Utilidad		$800	$900	$1.000	$1.100	$1.100	$1.100	$1.100	$1.100
Impuesto		–$136	–$153	–$170	–$187	–$187	–$187	–$187	–$187
Utilidad neta		$664	$747	$830	$913	$913	$913	$913	$913
Depreciación		$400	$400	$400	$400	$400	$400	$400	$400
Inversión	–$6.000								
Valor de desecho									$400
Flujo de caja del proyecto	–$6.000	$1.064	$1.147	$1.230	$1.313	$1.313	$1.313	$1.313	$1.713

11.28 Con los antecedentes del Ejercicio 11.27, calcule el VAN del inversionista.

Capítulo

12

Análisis para la optimización

En el Capítulo 1, se señaló la conveniencia de dedicar más tiempo a la configuración óptima de las variables que definirían la formulación del proyecto. En este, se analizan otros criterios para optimizar proyectos con rentabilidad positiva, o sea que, teniendo la mejor configuración de las variables que lo componen, todavía pueden mejorarse sus resultados como un todo.

La regla de decisión basada en el método del valor actual neto se sustenta en que la riqueza de la empresa aumenta con cada proyecto aceptado que tenga un VAN positivo.

Sin embargo, un VAN mayor que 0 no es condición suficiente para recomendar la aprobación de la inversión, por cuanto podría haber, en el mismo proyecto, otras oportunidades que posibilitarían maximizar la rentabilidad, ya sea porque existan tamaños más convenientes de planta o momentos mejores que el actual para implementar la decisión de hacer el proyecto.

En este capítulo, se analizan los criterios de optimización de proyectos para los casos más comunes y generalmente más complejos: momentos óptimos, tamaño óptimo y selección óptima de proyectos en presencia de restricciones de capital.

12.1 Estimación de momentos óptimos

Existen situaciones donde la sensibilización del resultado de adelantar o postergar una decisión puede mostrar cambios significativos en la rentabilidad calculada de un proyecto, por lo cual podría encontrarse una solución mejor si se modificara el momento de hacer la inversión o el de liquidarla.

12.1.1 Momento óptimo de invertir

Para determinar el momento óptimo de hacer la inversión, se puede recurrir a distintos criterios, dependiendo de las características específicas que presente el proyecto. El instrumento más recurrente para definir cuándo hacer la inversión, a pesar de sus limitaciones, se denomina rentabilidad inmediata, la cual mide la rentabilidad del primer año de operación respecto de la inversión realizada en el periodo anterior y se calcula aplicando la Ecuación 12.1.

$$RI = \frac{F_1}{I_0} \tag{12.1}$$

Donde RI es el índice de rentabilidad inmediata; F_1, el flujo de caja esperado para el primer año de funcionamiento, e I_0, la inversión realizada en el momento 0.

La rentabilidad inmediata se fundamenta en que puede haber un proyecto con flujos de caja tan altos en los años futuros que compensaría a flujos que pudieran ser muy bajos en los años iniciales, mostrando un VAN positivo para el total del proyecto. Por ello, podría ser conveniente postergar el inicio si los recursos se destinan a otras inversiones que renten más en el corto plazo. Este modelo señala que el proyecto se debe implementar cuando el primer flujo de caja sobre la inversión dé, como resultado, un índice igual o superior a la tasa de retorno exigida por el inversionista. Si el flujo del primer año fuese inferior a ella, la inversión deberá posponerse, por cuanto esos recursos debieran ser capaces de rentar al menos dicha tasa en otro proyecto optativo de inversión para la misma empresa.

Esto supone que los flujos de caja futuros son independientes de cuándo se realiza el proyecto y que los flujos de caja entre invertir hoy en el proyecto o hacerlo en un año más serían siempre los mismos, tal como se muestra en la Tabla 12.1.

Tabla 12.1 ***Efectos de postergar la inversión***

	0	1	2	3	4	*n*	*RI* (%)
Iniciar hoy	–$1.000	$30	$90	$110	$110	$110	3
Postergar un año		–$1.000	$90	$110	$110	$110	9
Postergar dos años			–$1.000	$110	$110	$110	11
Postergar tres años				–$1.000	$110	$110	11

Si la tasa de retorno exigida al proyecto fuese de 10%, recién el flujo del tercer año cumpliría con la condición de rentar sobre ella, o sea, postergando la inversión dos años.

Cuando los beneficios netos se transforman en constantes en el tiempo, no tiene sentido calcular la rentabilidad inmediata, por cuanto F_1 / I_0 tendrá siempre el mismo resultado. Si este es mayor o igual a la tasa exigida –y basado solo en consideraciones económicas–, se deberá implementar de inmediato el proyecto, ya que reporta al inversionista, desde el primer año de operación, al menos la rentabilidad deseada.

Obviamente, el modelo considera solo la variable económica para proponer un curso de acción. Sin embargo, existe una cantidad importante de otras variables que se deben tener en cuenta al tomar una decisión. Por ejemplo, la posibilidad de que con la postergación de la inversión se bajen las barreras a la entrada de nuevos competidores que pudieran incorporarse hoy con un proyecto opcional, o que, al estar el proyecto integrado a un plan de desarrollo estratégico de la empresa, atente contra los resultados consolidados de esta.

Tampoco la rentabilidad inmediata puede ser empleada cuando los beneficios netos son dependientes de la inversión. Por ejemplo, sería ilógico que se postergue por cuatro años la plantación de árboles frutales, si es que empieza a producir frutos que sea posible comercializar recién a partir del cuarto año de plantado, ya que si esta se posterga, se deberá esperar otros cuatro años para que los árboles den un producto que sea posible comercializar.

12.1.2 Momento óptimo de hacer un reemplazo

Como se mencionó anteriormente, un caso especial respecto del momento óptimo de hacer la inversión se relaciona con la oportunidad de reemplazar un activo. En este caso, se pueden distinguir dos situaciones básicas:

1. El reemplazo de un activo que incrementa a lo largo del tiempo sus costos debido al deterioro normal que produce el desgaste, por otro idéntico pero nuevo.
2. El reemplazo de un activo por otro que introduce cambios tecnológicos en el proceso productivo.

La situación de reemplazar un activo deteriorado por otro igual se fundamenta en que el aumento de costos del primero llegará a tal nivel que el reemplazo se deberá hacer necesariamente en algún momento.

Para determinar el momento más conveniente para el cambio, se debe considerar que el costo atribuible al deterioro crece anualmente a una tasa generalmente exponencial, a la vez que el mayor tiempo dedicado a reparaciones y mantenimiento puede hacer disminuir la productividad y, por lo tanto, los beneficios.

Teóricamente, algunos autores señalan que se puede calcular en qué cantidad de años de uso se debe hacer el reemplazo (n) si los costos anuales aumentan en un monto fijo (g) y se exige una tasa i de retorno a la inversión (I_0), mediante la Ecuación 12.2.

$$n = \frac{i * I_0}{g} + \frac{1}{i} - \frac{1}{i(1+i)^n} \tag{12.2}$$

El modelo supone que el momento óptimo del reemplazo se calculará determinando el número de años de uso que minimiza el valor actual de los costos (VAC, como ya se adelantó en el Capítulo 10), incluyendo en ellos la inversión inicial.

Ejemplo 12.1

Suponga que una máquina tiene un valor de adquisición de $30.000, que el crecimiento anual en los costos de operación por su deterioro es de $1.000 y que la tasa de retorno exigida es de 12%.

Para realizar el cálculo del momento óptimo del reemplazo (n), puede procederse como sigue.

1. Construya el modelo de hoja de cálculo que se muestra en la Figura 12.1 y ubique el cursor en la celda B4.

Figura 12.1
Construcción de un modelo de cálculo de la vida útil óptima de un activo

	A	B	C
1	Inversión	30.000	
2	Crecimiento anual de los costos	1.000	
3	Tasa de retorno exigida	12%	
4	Momento óptimo del reemplazo		
5			

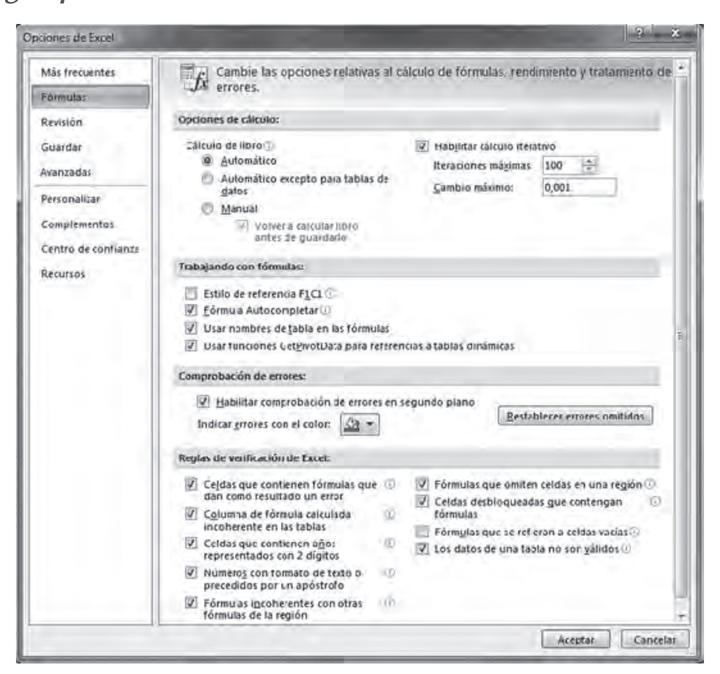
2. En la celda B4, introduzca la Ecuación 12.2 como sigue.

=+B1*B3/B2+1/B3−1/(B3*(1+B3)^B4)

Como la fórmula contiene como referencia la celda donde ella se ubica, el Excel le avisará sobre un supuesto error, conocido como error de referencia circular. Elija **Aceptar**, y la celda B4 mostrará el valor 0.

3. En **Botón de Office** marque **Opciones de Excel** y, en **Cuadro de diálogo**, haga clic en **Fórmulas**. Aparecerá la siguiente pantalla donde se debe activar la casilla **Habilitar cálculo iterativo**. Pulsando **Aceptar**, en la celda aparecerá el número 9, indicando que cada nueve años el activo deberá ser sustituido por otro idéntico.

Figura 12.2
Cuadro de diálogo ***Opciones de Excel***



Cuando se incorpora una tasa de crecimiento no constante en los costos de operación o un cambio en el valor de desecho del equipo sustituido en función de su antigüedad, la solución pasa por calcular el costo anual equivalente para diferentes plazos de uso del activo, hasta encontrar aquel número de años que haga mínimo el costo anual promedio.

El costo anual equivalente[1] no es otra cosa que el valor actual de los costos de un proyecto, calculados respecto de una base anual uniforme equivalente. Su principal utilidad se manifiesta al comparar proyectos de distinta vida útil que son replicados a perpetuidad, ya que, al calcular el equivalente anual de su inversión y flujos futuros para un ciclo cualquiera de vida de un activo, el instrumento deduce su costo anual equivalente perpetuo, el cual, en cualquiera de los ciclos que se calcule, obtendrá el mismo resultado.

Cuando existe la posibilidad de retrotraer la decisión tomada en cualquier momento, al análisis se lo denomina proyecto excluyente flexible. En caso contrario, corresponde a un proyecto excluyente inflexible.

Ejemplo 12.2

Un proyecto busca determinar cuál de dos máquinas es más conveniente para el desarrollo de un mismo proceso productivo si, cuando se opta por una, resulta muy difícil sustituirla por la otra[2]. Ambas prestan el mismo servicio, por lo que los beneficios asociados a ambas son iguales y, por lo tanto, irrelevantes para la decisión. La tasa de descuento es de 10%. La información relevante se resume en la Tabla 12.2.

Tabla 12.2 ***Resumen de información relevante en la comparación de alternativas tecnológicas excluyentes inflexibles***

	Máquina 1	Máquina 2
Valor de adquisición	–$1.000	–$1.300
Costo anual total	–$200	–$160
Vida útil	3 años	5 años
Valor de desecho	$400	$300

El flujo de caja de ambas opciones se muestra en la Tabla 12.3. Nótese que no es necesario considerar la reinversión en ellas, ya que se calculará el costo anual equivalente distribuido en tres años para la primera y en cinco para la segunda (columnas 1 a 3 y 1 a 5, respectivamente). Si se repitiera el análisis, la reinversión de la primera se haría en la columna 3 y se calcularía el costo anual equivalente para los siguientes tres años (columnas 4 a 6), y así indefinidamente. Lo mismo para la máquina 2.

1 Aunque el nombre del concepto incluye la palabra "anual", en realidad sirve para calcular una serie equivalente uniforme, cualquiera que sea la unidad de tiempo de que se trate, siempre que todas las variables (tasa de descuento, la misma "anualidad" y el factor *n* de la ecuación sobre la que se calculará) estén expresadas en esa misma unidad de tiempo.

2 Por ejemplo, si cuando se evalúa la creación de un nuevo negocio se decide contratar externamente el servicio de mantenimiento de maquinaria pesada, después de instalado el proyecto podría ser imposible retrotraer la decisión por la falta de espacios para construir las instalaciones.

Tabla 12.3 ***Flujo de caja de las alternativas tecnológicas***

	0	1	2	3
Inversión	–$1.000			
Costo anual		–$200	–$200	–$200
Valor de desecho				$400
Flujo máquina 1	–$1.000	–$200	–$200	$200

	0	1	2	3	4	5
Inversión	–$1.300					
Costo anual		–$160	–$160	–$160	–$160	–$160
Valor de desecho						$300
Flujo máquina 2	–$1.300	–$160	–$160	–$160	–$160	$140

Haciendo uso de la función **VNA** ya explicada, se calcula el valor actual de ambos flujos y se le agrega la inversión. Para la máquina 1, resulta $1.197, y para la máquina 2, $1.720, ambos negativos. Haciendo uso de la función **Pago** del Excel, se obtiene un costo anual equivalente de $481,27 y de $453,80, respectivamente.

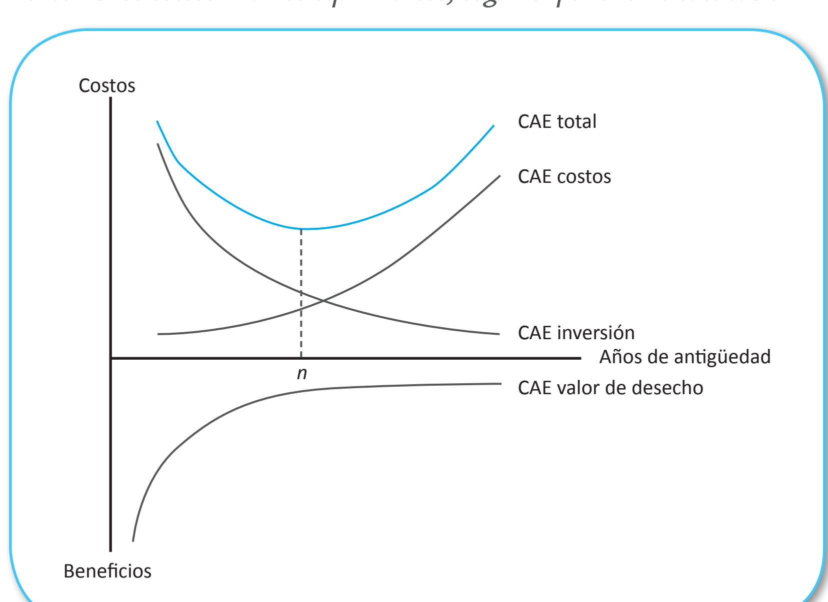
De esto se deduce que es más conveniente invertir cada cinco años en la máquina 2 y no cada tres años en la máquina 1. Es decir, el menor costo anual y la vida útil más prolongada de la máquina 2 compensan el menor valor de la inversión en la máquina 1.

En la casi totalidad de los casos, sin embargo, el costo anual de las máquinas crece con el transcurso del tiempo, debido al aumento en el gasto ocasionado por sus reparaciones y su mantenimiento. De igual manera, el costo anual equivalente de la inversión decrece en la medida en que se prolongue el plazo de reposición de la máquina al distribuir un mismo valor actual en un mayor horizonte de tiempo.

El valor de desecho, por otra parte, tiene también un comportamiento similar al de la inversión. Mientras más tiempo se mantenga la máquina, el valor anual equivalente de su valor de desecho disminuirá a tasas crecientes por dos razones: porque su valor decrece por antigüedad y porque la distribución se hace entre un mayor número de años.

De acuerdo con esto, los valores anuales y el costo anual equivalente total tendrían un comportamiento como el que se muestra en el Gráfico 12.1. El mínimo costo anual equivalente representa la vida útil económica óptima para el activo y corresponde al factor *n* del gráfico.

Gráfico 12.1
Comportamiento de los costos anuales equivalentes, según el periodo de sustitución



Ejemplo 12.3

Suponga que un activo tiene un valor de adquisición de $1.000 y que su valor de desecho, neto de impuestos, es de $800 si se vende con un año de uso y de $640, $512, $410, $382 y $262 si se vende con dos, tres, cuatro, cinco o seis años de uso, respectivamente.

El costo de operación y mantenimiento neto del efecto tributario de la depreciación es de $350 el primer año, $385 el segundo, $424 el tercero, $466 el cuarto, $512 el quinto y $564 el sexto. Los ingresos que genere la producción y venta, cualquiera sea la antigüedad del equipo, son independientes de la antigüedad del activo, por lo que se consideran irrelevantes para el cálculo de su vida útil económica en este ejemplo. Si la antigüedad del activo se asocia con un aumento en los días de detención para efectuar las reparaciones que requiera y esto ocasiona una disminución en la producción y en la venta, deberá considerarse este efecto de la misma forma en que se procederá a continuación.

Para calcular la anualidad se calculará, en primer lugar, el valor actual de cada uno de los tres ítems considerados en este ejemplo, a una tasa de 10% anual. El valor actual de la inversión será siempre de $1.000, ya que, independientemente de su vida útil, el desembolso por la compra se efectúa en el momento 0.

El valor actual del valor de desecho se obtiene trayéndolo a valor presente por el número de años correspondiente a cada opción de su vida útil. Así, el valor actual de recibir $800 al final del primer año es de $727, el de recibir $640 al final del segundo año es de $529 y así sucesivamente, hasta llegar a un valor de $148 si se vende en $262 al final del sexto año.

El cálculo del valor actual de los costos se realiza actualizando el flujo discontinuo anual de la proyección de los costos anuales. De esta forma, se considerará que si se reemplaza el activo todos los años, el costo anual será siempre equivalente al de un activo nuevo, es decir, a $350, que, actualizados al momento 0, corresponden a $318. Si el activo se reemplaza cada dos años, el valor actual del costo de operación del primer año ($350) más el del segundo año ($385) ascendería a $636. Esto se calcula fácilmente en Excel, usando la función **VNA**.

La Tabla 12.4 muestra un resumen de los valores actuales de la inversión, del valor de desecho y de los costos de operación en función de las vidas útiles opcionales que se evalúan. Haciendo uso de la función **Pago** del Excel, se obtiene el costo anual equivalente que se muestra en la última fila de la tabla.

Tabla 12.4 ***Valores actuales por año de antigüedad***

Vida útil	1	2	3	4	5	6
VA inversión	–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000
VA valor de desecho	$725	$529	$385	$280	$203	$148
VA costo de operación	–$318	–$636	–$955	–$1.273	–$1.591	–$1.909
VA total	–$592	–$1.105	–$1.567	–$1.989	–$2.383	–$2.755
Costo anual equivalente	–$651	–$637	–$630	–$627	–$629	–$633

De acuerdo con los resultados observados y únicamente desde la perspectiva económica, lo más conveniente es sustituir el activo cada cuatro años.

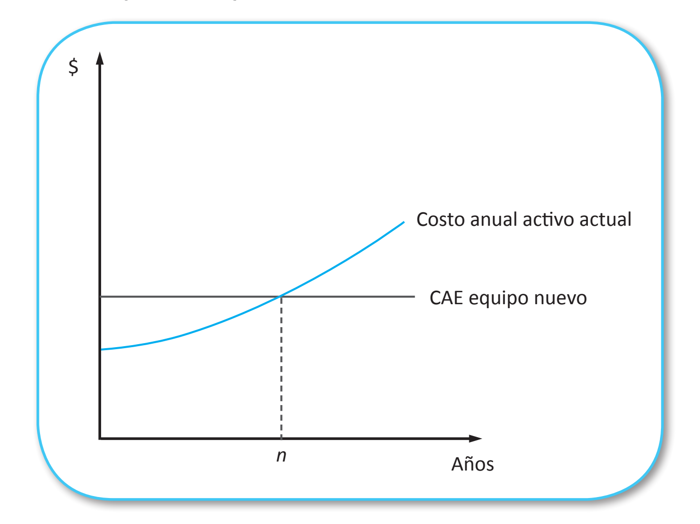
Una segunda situación relacionada con el momento óptimo del reemplazo de un activo –recuérdese que la primera indica que, en la casi totalidad de los casos, el costo anual de las máquinas crece con el transcurso del tiempo, debido al aumento en el gasto ocasionado por sus reparaciones y su mantenimiento– es la que se refiere a una sustitución que introduce un cambio tecnológico y, por lo tanto, modifica el perfil de costo de la máquina que se encuentra en uso (o sea, el de la situación base).

Si se calcula el costo anual equivalente de ambas máquinas y si el de la nueva resulta más bajo, se concluye que la nueva tecnología es más conveniente que la actual y se debe recomendar el reemplazo. Sin embargo, no significa que este deba ser realizado inmediatamente, por cuanto puede haber un momento futuro que sea más conveniente para maximizar la rentabilidad de la empresa.

Lo anterior se explica porque el costo anual equivalente es un promedio anual que incluye, en el caso de la nueva tecnología, un “prorrateo” de la inversión que, en el caso de que se continúe con la actual máquina, no requerirá ser incluida, por estar ya efectuada en el pasado.

Como la decisión de reemplazar la máquina ya está tomada, para solucionar lo anterior se debe comparar el costo equivalente de la nueva tecnología con el costo futuro efectivo que se espera de la tecnología actual, tal como se muestra en el Gráfico 12.2.

Gráfico 12.2
Comparación de costos real y anual equivalente



Ejemplo 12.4

Si el costo anual equivalente de la nueva máquina fuese de $362.500 y el costo anual actual (no equivalente) de la máquina en uso fuese de solo $300.000 pero creciente anualmente en 5%, se puede observar que, en los próximos tres años, su costo de operación seguirá estando por debajo del de la nueva alternativa, pero en cuatro años más llegará a $364.652, por lo que se deberá recomendar la inversión de reemplazo al final del tercer año próximo, para que a partir del cuarto año y los siguientes opere con un costo “promedio” de $362.500.

12.1.3 Momento óptimo de abandonar una inversión

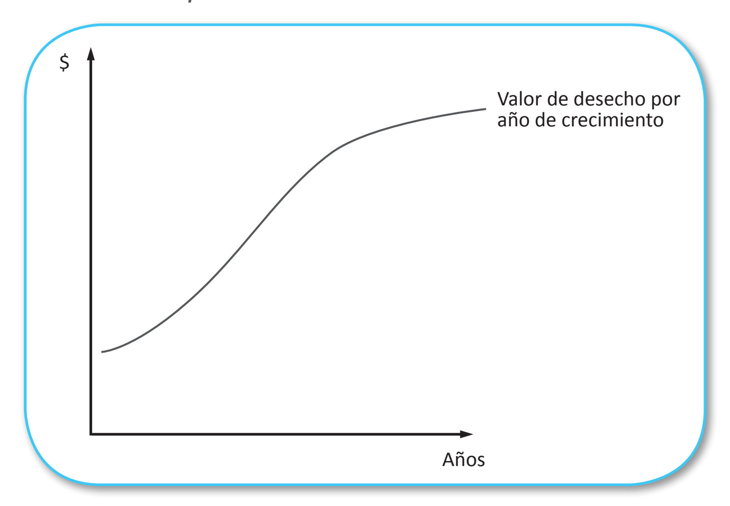
En aquellos proyectos que presentan beneficios crecientes en el tiempo, asociados con la propia maduración de la inversión, como la cría de animales o la plantación de árboles, surge el problema de determinar el momento óptimo de abandonar o liquidar esa inversión.

Estos proyectos se caracterizan por la relevancia de su valor de desecho, tanto en el resultado de su rentabilidad como en el plazo recomendable de su liquidación.

Mientras más tiempo se engorde a los animales, mayor precio se logrará en su venta; y mientras más tiempo se dejen crecer los árboles, mejor precio se podrá obtener al momento de liquidarlos.

En ambos casos es posible esperar, cada año, un mayor valor de desecho de la inversión tal como muestra el Gráfico 12.3. Sin embargo, su aumento de valor se observará a tasas decrecientes en el tiempo, e incluso la tasa de crecimiento se podrá hacer igual a 0 en un momento.

Gráfico 12.3
Aumento en el valor de desecho por año de crecimiento



Aunque la postergación del momento de abandonar el proyecto hace aumentar su valor de desecho, es posible encontrar un punto donde el crecimiento de este beneficio sea menor que la tasa de retorno exigida por el inversionista. Cuando eso sucede, se hace recomendable su liquidación, ya que los recursos generados de esta forma podrán ser probablemente destinados a otro proyecto que rente, al menos, lo exigido por el inversionista, o incluso repetir la inversión en otro proyecto igual. En otras palabras, la postergación en un año del momento de poner término al proyecto puede tener un valor actual neto incremental negativo respecto de la no postergación, aunque ambos valores actuales netos sean positivos.

La teoría ofrece tres formas para determinar el momento óptimo de la liquidación de un proyecto: los modelos de Fisher, de Faustmann y de Boulding. La diferencia que se observa entre ellos radica en el supuesto de reinversión que asume para los recursos generados por el proyecto.

El modelo de Fisher determina el momento óptimo de liquidar la inversión conforme al supuesto de que el proyecto finaliza con la venta del producto, y, por lo tanto, no supone la posibilidad de repetirlo. De esta forma, estima que los recursos liberados se reinvertirán a la tasa de costo de capital de la empresa; es decir, en proyectos con VAN igual a 0. Según este supuesto, el óptimo se encuentra en el punto donde se maximiza el VAN del proyecto único.

Ejemplo 12.5

En un proyecto para plantar árboles, suponga que es posible esperar un valor de desecho del bosque, en función del año en que se corte, como el que se muestra en la Tabla 12.5.

Tabla 12.5 ***Valor de desecho por año de crecimiento***

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Valor de desecho	$1.000	$1.262	$1.526	$1.778	$2.007	$2.212	$2.395	$2.560	$2.706
Variación anual		26,2%	20,9%	16,5%	12,9%	10,2%	8,3%	6,9%	5,7%

Como se puede observar, el valor de desecho del proyecto crece mientras más se demore el corte de los árboles, aunque el aumento se logre a tasas decrecientes.

Si se calcula el valor actual neto del único flujo relevante para evaluar el proyecto de cortar los árboles en distintos años (su valor de desecho[3]), se tendrán los siguientes resultados a una tasa de descuento de 10%.

Tabla 12.6 ***Valor actual neto por año de crecimiento***

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Valor de desecho	$1.000	$1.262	$1.526	$1.778	$2.007	$2.212	$2.395	$2.560	$2.706
VAN	$1.000	$1.147	$1.261	$1.336	$1.371	$1.373	$1.352	$1.314	$1.262

De acuerdo con lo anterior, el momento óptimo para liquidar el negocio se logra el quinto año, porque es cuando se obtiene el máximo valor actual neto. Como se puede observar, en el sexto año el valor del proyecto aumenta, respecto del quinto, en solo 8,3%, y este incremento es inferior a la rentabilidad de 10% exigida anualmente a la inversión.

La inversión, entonces, se deberá liquidar en aquel número de años en que se logró, por última vez, obtener un valor de desecho que crezca a una tasa superior a la tasa de costo de capital de la empresa. Esto es:

$$\frac{BN_{n+1}}{BN_n} - 1 \geq i \qquad (12.3)$$

3 Nótese que la inversión inicial es irrelevante para el análisis si se consideran como proyectos distintos de la posibilidad de corte en diferentes años, por cuanto la inversión es similar para todos ellos, tanto en el monto como en el momento en que ocurren.

Si el proyecto fuese de crianza y engorde de animales, se deberá considerar el flujo de costos anuales incrementales en el cálculo del VAN para distintos momentos de liquidación de la inversión.

Por ejemplo, si se evalúa la conveniencia de hacer engordar al animal por cuatro años en vez de tres, los primeros tres años son irrelevantes para la decisión. Por lo tanto, se deberá considerar el valor de desecho del animal, por un lado, y el mayor costo del engorde del cuarto año, por otro.

El modelo de Fisher, como se mencionó antes, supone que la mejor opción de reinvertir los recursos generados por el proyecto está reflejada por la tasa de costo de capital del proyecto. Si la posibilidad de reinvertir en replantar los árboles es cierta, entonces una parte del VAN del proyecto[4] (o su valor de desecho actualizado) podrá ser invertida a una tasa superior a la del costo de capital, generando un nuevo VAN positivo.

Se supone que la diferencia entre el valor actual del valor de desecho y la nueva inversión es invertida en otro proyecto a la tasa de costo de capital de la empresa, lo que por definición da un VAN igual a 0.

El modelo de Faustmann, por otra parte, supone que el proyecto se puede repetir indefinidamente. Es decir que en un proyecto forestal, por ejemplo, es posible reforestar después de haber cortado los árboles, con lo que se logra un proyecto con igual perfil de costos y beneficios; o que, cuando se vende el ganado adulto en un proyecto ganadero, se compra la misma cantidad de animales jóvenes para obtener un crecimiento de la masa ganadera, así como costos e ingresos similares a los obtenidos con el primer grupo.

Al poder repetirse el proyecto en forma indefinida, su VAN se transforma en una serie infinita de proyectos que se repiten cada *n* años. Por lo tanto, si se calcula el valor anual equivalente del VAN, se obtiene el flujo anual equivalente de una perpetuidad.

Como el valor actual de un flujo uniforme perpetuo se calcula dividiendo el flujo después de incluir la reserva para reposición por la tasa de descuento:

$$VA = \frac{F}{i} \tag{12.4}$$

y el valor anual equivalente a *n* periodos de un valor actual se calcula como:

$$F = VA * \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \tag{12.5}$$

4 Se reinvertirá el equivalente al total de la inversión. Como el proyecto anterior tuvo un VAN positivo, la inversión requerida en repetir el proyecto es inferior al valor actual del valor de desecho logrado en su liquidación.

el valor actual neto del flujo perpetuo de valores anuales equivalentes resulta de aplicar la expresión

$$VAN_{n,\infty} = \frac{VAN_n \dfrac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}}{i} \qquad (12.6)$$

Donde $VAN_{n,\infty}$ es el valor actual neto de un proyecto a n años, repetido a infinito, y VAN_n es el valor actual neto de un proyecto único a n años.

De esta ecuación se deduce que:

$$VAN_{n,\infty} = VAN_n \frac{(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \qquad (12.7)$$

Para determinar el momento óptimo de liquidar un proyecto que se puede repetir indefinidamente en el tiempo, se calcula el mayor de entre todas aquellas opciones que se identifican en función de vidas útiles distintas.

Ejemplo 12.6

Si se busca determinar el momento más conveniente de vender un producto que mejora con su maduración y se sabe que las opciones son hacerlo entre cinco y ocho años, se debe buscar el $VAN_{n,\infty}$ para los distintos valores que tome n entre cinco y ocho años. Esto se aprecia en la Tabla 12.7.

Tabla 12.7 ***VAN anual equivalente para distintos horizontes de vida***

n	I_0 ($)	VD_n ($)	VAN_n ($)	$VAN_{n,\infty}$ ($)
5	–$10.000	$20.102	$2.482	$6.547
6	–$10.000	$22.874	$2.912	$6.686
7	–$10.000	$25.550	$3.111	$6.390
8	–$10.000	$28.600	$3.342	$6.264

Como se puede observar, aunque el mayor valor actual neto de una sola producción, VAN_n, se logra añejando el producto ocho años por el mayor precio que se le puede sacar en el momento de su venta (si no se repitiese el proyecto, como postula el modelo de Fisher), lo que más le conviene a la empresa en una proyección de largo plazo, según el modelo de Faustmann, es liberar los recursos físicos y monetarios cada seis años, para repetir antes el proyecto.

De acuerdo con esto, el máximo VAN de replicar la inversión a infinito se logra adelantando el momento de renovación del proyecto, lo que explica por qué el momento óptimo que resulta de aplicar el modelo de Faustmann resulta inferior al de Fisher. La explicación racional de que empresas similares decidan “cortar los árboles” con distintos años de antigüedad se encuentra, entre otras cosas, en que tienen tasas de costo de capital diferentes.

Por otra parte, existe otro elemento de diferenciación entre los modelos expuestos. En un proyecto forestal, por ejemplo, el valor de la tierra es irrelevante para la decisión, ya que en todos los casos se debe invertir la misma cuantía de recursos en comprarla. Sin embargo, el valor de la tierra sí es relevante en el modelo de Fisher, por cuanto se incluye en el valor de desecho y, aun cuando se puede tener el mismo valor nominal, si el proyecto se liquida cada cinco, seis o más años, hace variar su valor actual y, por lo tanto, su valor anual equivalente. El método utilizado en el modelo de Faustmann, por otra parte, al hacer repetitivo el proyecto a infinito, hace que el valor actual del valor del terreno, incluido en el valor de desecho cuando $n = \infty$, sea igual a 0, sin que sea relevante si se reinvierte cada cinco, seis o más años.

El modelo de Boulding, por último, postula que el momento óptimo de liquidar la inversión está dado por aquel plazo que maximiza la TIR del proyecto; o sea, supone que todo el valor de desecho del proyecto se reinvierte a la misma TIR.

La situación donde este supuesto es válido se produce cuando es posible ampliar el proyecto. Por ejemplo, cuando por restricciones presupuestarias se plantó solo una parte de la tierra disponible, los excedentes ocasionados por el proyecto, así como cualquier otro recurso que se obtenga, deberían ser invertidos en la misma opción por ser la más rentable.

Mientras que los modelos anteriores suponen que los excedentes se reinviertan a la tasa de costo de capital (aquellos no reutilizables en el proyecto en el modelo de Faustmann), el de Boulding plantea la posibilidad de reinvertirlos en un proyecto similar y, por lo tanto, de igual tasa interna de retorno.

12.2 Determinación del tamaño óptimo

La determinación del tamaño de una inversión se relaciona con las proyecciones sobre tendencias de la demanda del producto generado con el proyecto.

El cálculo del tamaño óptimo de un proyecto busca determinar, al igual que en los casos anteriores, aquella solución que maximice el valor actual neto de las opciones en el análisis de un proyecto.

Dos factores son determinantes en este caso: la relación precio-volumen, por el efecto de la elasticidad de la demanda, y la relación costo-volumen, por las economías y deseconomías de escala que pueden lograrse en el proceso productivo.

La relación entre capacidad y costos de producción afectará a la selección de la tecnología y del proceso productivo. En algunos casos, por estrategias de mercado que buscan generar barreras a la entrada de nuevos competidores, se podrá optar por un diseño de planta con capacidad de producción superior a la requerida en el corto plazo.

El conocimiento futuro de la demanda esperada podrá justificar económicamente una capacidad instalada ociosa al inicio. Otra opción será realizar las investigaciones por etapas, especialmente en proyectos en los que, aunque se conoce el nivel de demanda actual, son inciertos los niveles futuros, ya sea por la ágil reacción de los competidores en el mercado donde se inserta la empresa o por el continuo avance tecnológico en el sector industrial pertinente.

El criterio que se emplea en este cálculo es el mismo que se sigue para evaluar el proyecto global y es muy similar al empleado en la determinación de los momentos óptimos.

Mediante el análisis de los flujos de caja de cada tamaño, se puede definir una tasa interna de retorno marginal del tamaño que corresponda a la tasa de descuento que hace nulo al flujo diferencial de los tamaños que es posible implementar. Mientras la tasa marginal sea superior a la tasa de costo de capital exigida para el proyecto, convendrá aumentar el tamaño.

El nivel óptimo estará dado por el punto en el cual ambas tasas se igualan. Esta condición se cumple cuando el tamaño del proyecto se incrementa hasta que el beneficio marginal del último aumento sea igual a su costo marginal.

En el Gráfico 12.4 se pueden apreciar las relaciones entre el VAN incremental, el tamaño óptimo (T_0) que maximiza al VAN, y la TIR marginal.

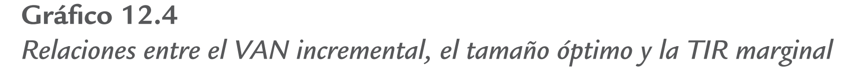
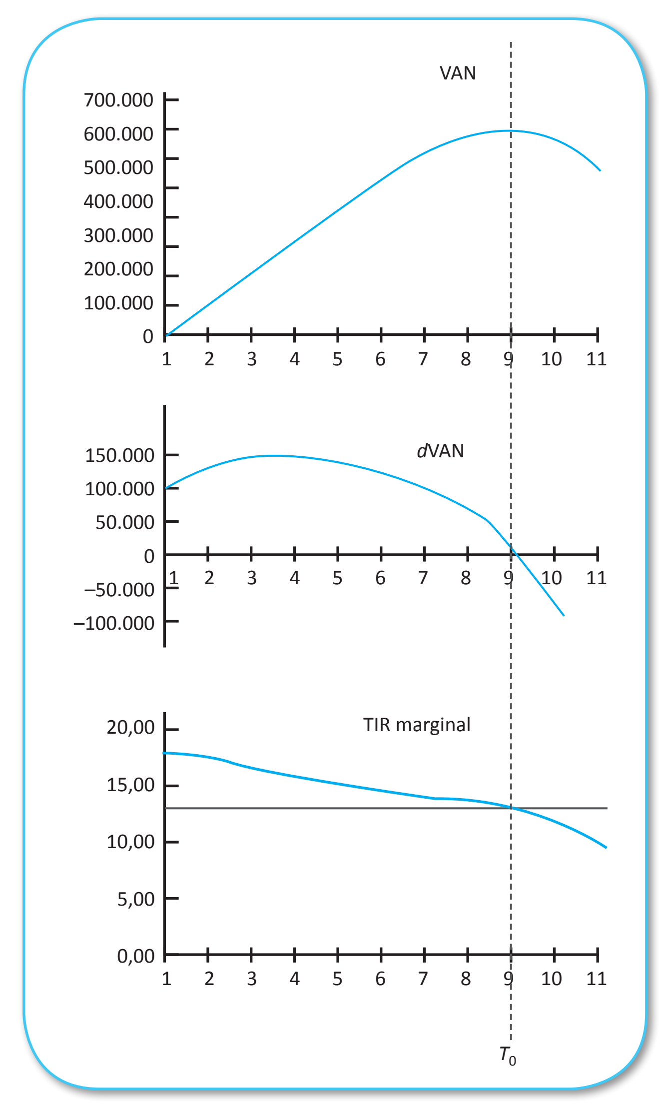


Gráfico 12.4

Relaciones entre el VAN incremental, el tamaño óptimo y la TIR marginal



Si se determina la función de la curva, el tamaño óptimo se obtiene cuando la primera derivada es igual a 0 y la segunda es menor que 0, para asegurar que el punto sea un máximo. Si se expresa el VAN en función del tamaño, $VAN(T)$, se podría definir la siguiente igualdad.

$$VAN(T) = \sum_{t=1}^{n} \frac{FT_t}{(1+i)^t} - IT \tag{12.8}$$

Donde FT_t es el flujo de caja del tamaño *T* en el momento *t*; *i*, la tasa de descuento, e *IT*, la inversión para el tamaño *T*.

Para calcular el punto que hace igual a 0 el VAN marginal, se deriva la función anterior de la siguiente forma.

$$\frac{dVAN(T)}{dT} = \sum_{t=1}^{n} \frac{\frac{dF_t(T)}{dT}}{(1+i)^t} - dT \qquad (12.9)$$

Ejemplo 12.7

En una planta de áridos se desconoce la capacidad que debe instalarse para maximizar los beneficios, dado que a mayor cantidad procesada se obtienen mayores beneficios, pero a un mayor costo de producción e inversión. Según el tamaño, la función de beneficios presentes netos se expresa según la siguiente ecuación, donde por cada metro cúbico adicional se debe invertir $1.

$$VANT = -20.714 * T^2 + 2.733 * T + 23.821 = 0$$

Derivando respecto del tamaño y su implicancia en la inversión, se obtiene:

$$\frac{dVANT}{dT} = 2 * 20.714 * T + 2.733 = 0$$

Despejando *T*, se obtiene que el máximo beneficio neto se logra al invertir $65,98; es decir, se debe tener un tamaño para procesar 65,98 metros cúbicos de material, y así maximizar los beneficios del proyecto.

El mismo resultado se obtiene si se analiza el incremento del VAN que se logra con aumentos de tamaño. En el Gráfico 12.4, el VAN se hace máximo en T_0, el VAN incremental es 0 (el costo marginal es igual al ingreso marginal) y la TIR marginal es igual a la tasa de descuento exigida al proyecto. Aunque lo anterior puede facilitar la comprensión de alguna relación de variables y clarificar hacia dónde se debe tender en la búsqueda del tamaño óptimo, en la práctica este procedimiento se emplea pocas veces, ya que, como el número de opciones posibles es limitado, resulta más simple calcular el valor actual neto de cada una de ellas y elegir el tamaño que tenga el mayor valor actual neto asociado. En los casos donde se encuentren variaciones continuas en el tamaño, como por ejemplo en un oleoducto, se pueden expresar tanto la inversión como los beneficios netos en función del tamaño y derivar la función, tal como se explicó anteriormente.

En proyectos donde los costos vinculados con el tamaño aumentan a tasas crecientes pero los beneficios lo hacen a tasas decrecientes, el tamaño óptimo está dado por el punto donde los costos marginales de crecer se igualan con sus beneficios marginales.

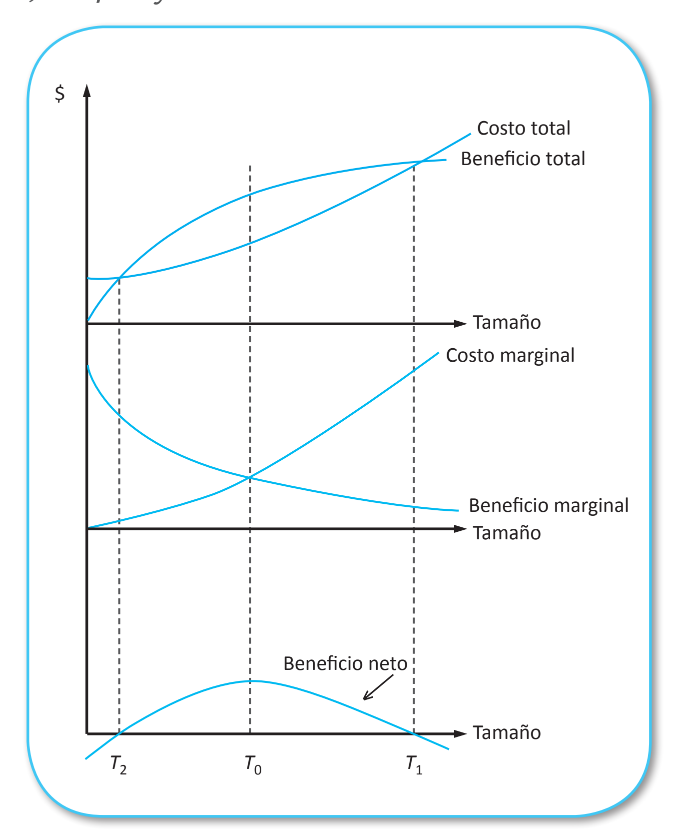
Como se observa en el Gráfico 12.5, en T_0 se maximiza la diferencia entre beneficios y costos o, lo que es lo mismo, se obtiene el máximo beneficio neto.

El hecho de que los beneficios crezcan a tasas marginales decrecientes, mientras que los costos se incrementan a tasas marginalmente crecientes, determina que en algún punto los beneficios se incrementen menos que los costos.

Nótese en el gráfico que, desde el tamaño T_0 hacia T_1, siempre los beneficios son mayores que los costos, y la diferencia en T_1 se hace 0. Esto indica que hasta ese punto es posible obtener utilidades, pero siempre menores que las que pueden obtenerse en un tamaño T_0.

De esto se concluye que el tamaño óptimo del proyecto, desde una perspectiva exclusivamente económica, se logra donde los costos marginales se igualan con los beneficios marginales y, por otra parte, que es posible optar por un tamaño superior al del punto óptimo, basado en consideraciones estratégicas de negocios, por ejemplo, y obtener utilidades, aunque inferiores a las del tamaño T_0, siempre que sea inferior al de T_1.

Gráfico 12.5
Relaciones de costos, beneficios y utilidades



Las relaciones expuestas se observan claramente en el Gráfico 12.5, donde se muestran las vinculaciones entre costo total, beneficio total, costo marginal, beneficio marginal y beneficio neto. Este último toma el valor 0 cuando los costos totales son iguales a los beneficios totales.

12.2.1 Determinación del tamaño óptimo en un proyecto con demanda creciente

Al analizar las variables determinantes del tamaño del proyecto, el comportamiento futuro de la cantidad demandada tiene un fuerte impacto en la solución óptima, tanto por su incidencia en la magnitud de los costos de operación e ingresos de venta del producto como por posibles economías o deseconomías de escala insertadas en una situación dinámica en el tiempo.

Al estar en presencia de un mercado creciente, las economías de escala toman más importancia, ya que se deberá optar por definir un tamaño inicial lo suficientemente grande para que pueda responder a futuro a ese crecimiento del mercado, u otro más pequeño pero que se vaya ampliando de acuerdo con las posibilidades de las escalas de producción. El primer caso obliga a trabajar con capacidad ociosa programada, lo que puede ser una opción atractiva para la empresa frente a la segunda, que hace necesario que, además de evaluar la conveniencia de implementar el proyecto por etapas, se deba definir cuándo hacer la ampliación.

Generalmente, la cantidad demandada del producto que elabora la empresa crece a tasas diferentes de las que pueden implementarse para enfrentar el aumento en las capacidades de planta, lo que obliga a elegir entre dos estrategias opcionales: satisfacer la demanda con excedentes o hacerlo deficitariamente. En el primer caso, se estará optando por trabajar en niveles de producción inferiores a los permitidos por la capacidad de planta, mientras que, en el segundo, la opción es dejar de percibir beneficios que ocasionaría satisfacer toda la demanda.

El Ejemplo 12.8 expone el procedimiento de análisis de las diferentes opciones de tamaño frente a una demanda creciente en el tiempo.

Ejemplo 12.8

Suponga que en un proyecto se estima la siguiente proyección de demanda para los próximos 10 años.

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Demanda (unidades)	1.000	1.800	2.800	3.500	3.800	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000

Para enfrentar esta demanda, existen en el mercado tres alternativas tecnológicas capaces de producir 2.000, 3.600 y 4.200 unidades anuales, y que tienen un valor de $60.000, $100.000 y $120.000, respectivamente. Todos los equipos tienen una vida útil

real de 10 años y se deprecian contablemente también en 10 años. Su valor de desecho se calcula por el método contable. El precio de venta estimado para el producto que se elaboraría es de $60 por unidad para cualquier volumen de producción.

La tasa de impuesto a las utilidades es de 17% y la de descuento es de 10%.

Con fines didácticos, se considerará solo para este ejemplo que los costos fijos y variables de cada opción son constantes, por lo que no incorporan posibles economías o deseconomías de escala.

Opción	Costo variable ($)	Costo fijo ($)
A	$44	$12.000
B	$48	$9.500
C	$46	$13.000

Con la primera opción se podrá producir como máximo hasta 2.000 unidades anuales durante los primeros cinco años. A partir del sexto año, se comprará una segunda máquina, similar a la anterior, y se obtendrá el flujo de caja de la Tabla 12.8, donde la rentabilidad resultante para una tasa de costo de capital de 10% es de $73.228.

Tabla 12.8 ***Flujo de caja de comprar la alternativa tecnológica* A *con una ampliación el sexto año***

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ventas (unidades)		1.000	1.800	2.000	2.000	2.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos		$60.000	$108.000	$120.000	$120.000	$120.000	$240.000	$240.000	$240.000	$240.000	$240.000
Costos variables		–$44.000	–$79.200	–$88.000	–$88.000	–$88.000	–$176.000	–$176.000	–$176.000	–$176.000	–$176.000
Costos fijos		–$12.000	–$12.000	–$12.000	–$12.000	–$12.000	–$12.000	–$12.000	–$12.000	–$12.000	–$12.000
Depreciación		–$6.000	–$6.000	–$6.000	–$6.000	–$6.000	–$12.000	–$12.000	–$12.000	–$12.000	–$12.000
Utilidad		–$2.000	$10.800	$14.000	$14.000	$14.000	$40.000	$40.000	$40.000	$40.000	$40.000
Impuesto		$340	–$1.836	–$2.380	–$2.380	–$2.380	–$6.800	–$6.800	–$6.800	–$6.800	–$6.800
Utilidad neta		–$1.660	$8.964	$11.620	$11.620	$11.620	$33.200	$33.200	$33.200	$33.200	$33.200
Depreciación		$6.000	$6.000	$6.000	$6.000	$6.000	$12.000	$12.000	$12.000	$12.000	$12.000
Inversión	–$60.000					–$60.000					$30.000
Flujo	–$60.000	$4.340	$14.964	$17.620	$17.620	–$42.380	$45.200	$45.200	$45.200	$45.200	$75.200

VAN	$73.228

Igual que se evalúa tener capacidad ociosa con una sola máquina en el primer año y en el segundo, existe la opción de adquirir la segunda máquina el tercer año o el cuarto y trabajar también con capacidad ociosa. La Tabla 12.9 muestra cómo el VAN aumenta de $73.228 a $82.665.

Tabla 12.9 ***Flujo de caja de comprar la alternativa tecnológica* A *con una ampliación el quinto año***

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ventas (unidades)		1.000	1.800	2.000	2.000	3.800	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos		$60.000	$108.000	$120.000	$120.000	$228.000	$240.000	$240.000	$240.000	$240.000	$240.000
Costos variables		–$44.000	–$79.200	–$88.000	–$88.000	–$167.200	–$176.000	–$176.000	–$176.000	–$176.000	–$176.000
Costos fijos		–$12.000	–$12.000	–$12.000	–$12.000	–$12.000	–$12.000	–$12.000	–$12.000	–$12.000	–$12.000
Depreciación		–$6.000	–$6.000	–$6.000	–$6.000	–$12.000	–$12.000	–$12.000	–$12.000	–$12.000	–$12.000
Utilidad		–$2.000	$10.800	$14.000	$14.000	$36.800	$40.000	$40.000	$40.000	$40.000	$40.000
Impuesto		$340	–$1.836	–$2.380	–$2.380	–$6.256	–$6.800	–$6.800	–$6.800	–$6.800	–$6.800
Utilidad neta		–$1.660	$8.964	$11.620	$11.620	$30.544	$33.200	$33.200	$33.200	$33.200	$33.200
Depreciación		$6.000	$6.000	$6.000	$6.000	$12.000	$12.000	$12.000	$12.000	$12.000	$12.000
Inversión	–$60.000				–$60.000						$24.000
Flujo	–$60.000	$4.340	$14.964	$17.620	–$42.380	$42.544	$45.200	$45.200	$45.200	$45.200	$69.200

VAN	$82.665

Un análisis similar deberá hacerse para evaluar la inversión de ampliación un año antes. En este caso, el VAN aumentaría a $98.007, por la posibilidad de vender las unidades que se muestran en la Tabla 12.10.

Tabla 12.10 ***Proyección de ventas: la alternativa tecnológica* A *con una ampliación el cuarto año***

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ventas (unidades)	1.000	1.800	2.000	3.500	3.800	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000

Si se optase por la alternativa tecnológica *B*, se tendría capacidad ociosa los primeros años, pero permitiría atender 90% de la demanda a partir del quinto año, aunque manteniendo una capacidad ociosa inicial. El flujo de caja y la rentabilidad de esta opción se muestran en la Tabla 12.11.

Tabla 12.11 ***Proyección de ventas: la alternativa tecnológica* B *sin ampliación***

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ventas (unidades)		1.000	1.800	2.800	3.500	3.600	3.600	3.600	3.600	3.600	3.600

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos		$60.000	$108.000	$168.000	$210.000	$216.000	$216.000	$216.000	$216.000	$216.000	$216.000
Costos variables		–$48.000	–$86.400	–$134.400	–$168.000	–$172.800	–$172.800	–$172.800	–$172.800	–$172.800	–$172.800
Costos fijos		–$9.500	–$9.500	–$9.500	–$9.500	–$9.500	–$9.500	–$9.500	–$9.500	–$9.500	–$9.500
Depreciación		–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000
Utilidad		–$7.500	$2.100	$14.100	$22.500	$23.700	$23.700	$23.700	$23.700	$23.700	$23.700
Impuesto		$1.275	–$357	–$2.397	–$3.825	–$4.029	–$4.029	–$4.029	–$4.029	–$4.029	–$4.029
Utilidad neta		–$6.225	$1.743	$11.703	$18.675	$19.671	$19.671	$19.671	$19.671	$19.671	$19.671
Depreciación		$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000
Inversión	–$100.000										
Flujo	–$100.000	$3.775	$11.743	$21.703	$28.675	$29.671	$29.671	$29.671	$29.671	$29.671	$29.671

VAN	$37.290

Como se puede observar, el VAN de esta opción es menor que cualquiera de las situaciones que se decidan para la alternativa tecnológica *A*.

La alternativa *C* permite atender toda la demanda, pero manteniendo una fuerte capacidad ociosa inicial. Esto explica que, aun teniendo un VAN de $43.129, tampoco logre igualar a la opción *A*.

Tabla 12.12 ***Proyección de ventas: la alternativa tecnológica C sin ampliación***

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ventas (unidades)		1.000	1.800	2.800	3.500	3.800	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos		$60.000	$108.000	$168.000	$210.000	$228.000	$240.000	$240.000	$240.000	$240.000	$240.000
Costos variables		–$46.000	–$$82.800	–$128.800	–$161.000	–$174.800	–$184.000	–$184.000	–$184.000	–$184.000	–$184.000
Costos fijos		–$13.000	–$13.000	–$13.000	–$13.000	–$13.000	–$13.000	–$13.000	–$13.000	–$13.000	–$13.000
Depreciación		–$12.000	–$12.000	–$12.000	–$12.000	–$12.000	–$12.000	–$12.000	–$12.000	–$12.000	–$12.000
Utilidad		–$11.000	$200	$14.200	$24.000	$28.200	$31.000	$31.000	$31.000	$31.000	$31.000
Impuesto		$1.870	–$34	–$2.414	–$4.080	–$4.794	–$5.270	–$5.270	–$5.270	–$5.270	–$5.270
Utilidad neta		–$9.130	$166	$11.786	$19.920	$23.406	$25.730	$25.730	$25.730	$25.730	$25.730
Depreciación		$12.000	$12.000	$12.000	$12.000	$12.000	$12.000	$12.000	$12.000	$12.000	$12.000
Inversión	–$120.000										
Flujo	–$120.000	$2.870	$12.166	$23.786	$31.920	$35.406	$37.730	$37.730	$37.730	$37.730	$37.730

VAN	$43.129

De lo anterior se deduce que, cuando se enfrenta una demanda creciente, no existe un tamaño de planta óptimo, ya que es posible definir, en la formulación del proyecto, una estrategia de crecimiento.

De acuerdo exclusivamente con consideraciones de tipo económico como las empleadas en el cálculo anterior, la opción tecnológica más conveniente es la *A*, por tener el mayor valor actual neto comparativo.

Como se ha mencionado reiteradamente en las páginas anteriores, estos procedimientos proporcionan, a quien deba tomar la decisión, una base de información que debe ser complementada con otros antecedentes de carácter no económico, como por ejemplo la estrategia de negocios de largo plazo de la empresa o el plan de desarrollo integrado de todas sus divisiones.

Una posibilidad más para buscar el tamaño óptimo de un proyecto es optar por invertir en dos tecnologías: una pequeña para enfrentar el volumen de operación de los primeros años y otra mayor que sustituiría a la primera, para adecuarse a los niveles de operación de los años futuros.

Con una estrategia como esta, la empresa minimiza las capacidades ociosas, aunque agrega el costo propio de un reemplazo que se hace necesario para adecuarse a nuevos niveles de producción, más que para enfrentar la obsolescencia de los equipos. Sin

embargo, brinda la oportunidad de que, si el proyecto no muestra resultados satisfactorios, el abandono sea menos costoso que si se debiera hacer con una tecnología mayor.

12.2.2 Determinación del tamaño óptimo en un proyecto con demanda constante

Una situación diferente de la anterior se presenta cuando se enfrenta una demanda constante. En este caso, la opción que exhiba el menor costo medio será la que maximice el valor actual neto del proyecto, ya que se supone que los beneficios son constantes cualquiera que sea la configuración tecnológica que logre satisfacer ese nivel de demanda, considerando que las opciones tecnológicas no cambian la calidad ni, por lo tanto, el precio o los volúmenes de ventas.

Esto se calcula por:

$$VAN\,T_j = \sum_{t=1}^{n} \frac{pq_{jt} - Co_{jt}}{(1+i)^t} - I_j \qquad (12.10)$$

Donde $VAN\ T_j$ es el VAN del tamaño j; pq_{jt}, el ingreso (que resulta de multiplicar el precio p del producto por la cantidad q a producir y vender) para un tamaño j en un periodo t; Co_{jt}, el costo anual del tamaño j para cada periodo t, e I_j, la inversión para el tamaño j.

Si se convierte la inversión en un costo anual equivalente de la inversión (*CAEI*), la Ecuación 12.10 se transforma en:

$$VAN\,T_j = \sum_{t=1}^{n} \frac{pq_{jt} - Co_{jt} - CAEI}{(1+i)^t} \qquad (12.11)$$

Lo que se puede formular también como:

$$VAN\,T_j = q_{jt}\left(p - \frac{CT_{jt}}{q_{jt}}\right) * \sum_{t=1}^{n} \frac{1}{(1+i)^t} \qquad (12.12)$$

Donde CT_{jt} es el costo total del tamaño j en el periodo t, incluyendo el costo anual equivalente de la inversión:

$$CT_{jt} = Co_{jt} - CAEI \qquad (12.13)$$

Dado que el precio es constante y conocido, el tamaño óptimo lo dará la opción que logre el menor VAC.

Ejemplo 12.9

Una empresa que se encuentra trabajando a plena ocupación ve que existe una demanda insatisfecha de 4.000 unidades anuales que podría intentar captar. En el mercado hay seis tecnologías con opciones distintas de capacidad, cuyas características son:

	1	2	3	4	5	6
Precio	$100	$100	$100	$100	$100	$100
Costo variable	$40	$40	$41	$39	$38	$38
Costo fijo	$18.000	$16.000	$19.000	$27.000	$32.000	$56.000
Capacidad de producción (unidades)	1.420	1.600	1.700	1.950	3.600	4.000
Inversión	$300.000	$320.000	$370.000	$400.000	$450.000	$1.000.000
Vida útil	6 años	6 años	6 años	7 años	9 años	12 años
Valor de desecho	$60.000	$62.000	$70.000	$80.000	$54.000	$68.000

Una forma de resolver el problema de qué opción elegir para crecer y tratar de captar esa demanda es determinando el costo anual equivalente de cada tamaño opcional. Como los ingresos, costos fijos y costos variables están expresados por año, basta con calcular el valor de la anualidad de la inversión y el valor de desecho, lo que se muestra a continuación.

	1	2	3	4	5	6
Ingreso	$142.000	$160.000	$170.000	$195.000	$360.000	$400.000
Costo variable	–$56.800	–$64.000	–$69.700	–$76.050	–$136.800	–$152.000
Costo fijo	–$18.000	–$16.000	–$19.000	–$27.000	–$32.000	–$56.000
CAE inversión	–$68.882	–$73.474	–$84.955	–$82.162	–$78.138	–$146.763
CAE valor de desecho	$7.776	$8.036	$9.073	$8.432	$3.977	$3.180
CAE total	$6.094	$14.562	$5.418	$18.220	$117.039	$48.417

Mediante comparación de los costos anuales equivalentes totales, convendría claramente la opción 5. Nótese que para atender la demanda de 4.000 unidades también se deberían evaluar las posibilidades de combinar opciones, como por ejemplo dos máquinas de tamaño 2 o una máquina 4 más otra 2, etcétera.

A la misma decisión conduce la Ecuación 12.12, donde reemplazando se obtiene, por ejemplo para el tamaño 5, lo siguiente.

$$VANT_5 = q_{5t}\left(p - \frac{CT_{5t}}{q_{5t}}\right) * \sum_{t=1}^{9} \frac{1}{(1+i)^t} = 674.027$$

Aplicando la ecuación a los restantes tamaños, se obtienen VAN de $26.542 para el tamaño 1, $63.418 para el 2, $23.596 para el 3, $88.704 para el 4 y $329.896 para el 6. Esto confirma que la opción del tamaño 5 es la mejor.

12.3 Selección óptima de proyectos con racionamiento de recursos

Cuando los recursos disponibles no son suficientes para poder invertir en todos aquellos proyectos que muestran un valor actual neto igual o mayor que 0, se está en presencia de lo que se denomina racionamiento de capital. Frente a restricciones presupuestarias para aceptar todos los proyectos elegibles, se deberá optar por aquella combinación de proyectos que maximice la rentabilidad de la inversión conjunta para la empresa.

Como se expuso anteriormente, existen variadas formas para elaborar los indicadores de rentabilidad de cada proyecto individual. Cuando se busca determinar la combinación óptima de proyectos, dada una restricción de recursos para invertir en todos ellos a la vez, debe elaborarse un *ranking* (u ordenamiento) de proyectos que jerarquice las inversiones en función de los indicadores relevantes de rentabilidad.

Ejemplo 12.10

Una empresa ha identificado los siguientes siete proyectos, cuyos flujos de caja se resumen en la Tabla 12.13.

Tabla 12.13 ***Flujos de caja de la cartera de proyectos***

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Flujo proyecto *A*	–$1.000	$300	$300	$300	$300	$300	$300		
Flujo proyecto *B*	–$300	$120	$120	$120	$120	$120			
Flujo proyecto *C*	–$1.500	$350	$350	$350	$350	$350	$350	$350	$350
Flujo proyecto *D*	–$800	$180	$180	$180	$180	$180	$180	$180	
Flujo proyecto *E*	–$1.600	$450	$450	$450	$450	$450	$450		
Flujo proyecto *F*	–$2.200	$540	$540	$540	$540	$540	$540		
Flujo proyecto *G*	–$400	$100	$100	$100	$100	$100	$100	$100	$100

Al calcular los indicadores tradicionales de rentabilidad, se obtienen los resultados de la Tabla 12.14, a una tasa de costo de capital que se supondrá de 10% real anual.

Tabla 12.14 ***Resultado de los indicadores de rentabilidad***

	A	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*
VAN	$307	$155	$367	$76	$360	$152	$133
TIR	19,9%	28,6%	16,4%	12,8%	17,4%	12,3%	18,6%
VAE	$70	$41	$69	$16	$83	$35	$25
VAN(∞)	$704	$409	$688	$157	$826	$349	$250

Una forma de jerarquizar proyectos se obtiene de la curva de demanda por inversión, la que los ordena de mayor a menor tasa interna de retorno. De acuerdo con los antecedentes del ejemplo, esto correspondería al ordenamiento o *ranking* que se muestra en la Tabla 12.15.

Tabla 12.15 ***Jerarquización de proyectos con base en la TIR***

Proyecto	TIR (%)	Inversión ($)
B	28,6	$300
A	19,9	$1.000
G	18,6	$400
C	16,4	$1.600
D	12,8	$800
F	12,3	$2.200

Debido a que todas las inversiones fueron definidas como proyectos elegibles, o sea que tienen un VAN igual o mayor que 0, todos ellos exhiben una TIR igual o superior a la tasa mínima de 10% de retorno exigida por la empresa.

Si, por ejemplo, el presupuesto disponible es de $4.800, se seleccionan por este criterio los proyectos *B*, *A*, *G*, *E* y *C* (en este mismo orden). Es decir, se seleccionan los proyectos de mayor a menor TIR hasta que se agote el presupuesto disponible para inversiones de capital.

Nótese que si el presupuesto fuese solo de $3.300, quedaría fuera del grupo seleccionado el proyecto *C*, a pesar de ser el que exhibe el mayor VAN.

Lo anterior se explica porque lo que se busca, en definitiva, es priorizar los proyectos en función de cuánto VAN aportan por cada peso invertido en ellos. En otras palabras, no importa el VAN particular de cada proyecto, sino la combinación de proyectos que

posibilita, frente al total de los recursos disponibles para la inversión, obtener el máximo VAN conjunto.

La suma de los VAN de los cinco proyectos seleccionados corresponde al máximo valor posible de obtener de los VAN sumados de todas las combinaciones de proyectos posibles, dada una restricción presupuestaria de $4.800[5].

De las 127 combinaciones resultantes, solo 88 cumplen la condición de que la suma de las inversiones sea menor o igual al presupuesto disponible.

Si se comparasen las sumas de los VAN de todas las combinaciones elegibles, la suma de las inversiones se hace máxima con los proyectos *A*, *B*, *C*, *E* y *G*, tal como se dedujo del ordenamiento jerárquico basado en comparaciones de las TIR[6] de los proyectos. Sin embargo, como se verá más adelante, esta coincidencia no se da siempre, al modificarse la selección de aquellos que se encuentran en el margen de los menos deseables.

Un instrumento opcional para determinar qué proyectos seleccionar cuando no hay recursos suficientes para implementarlos a todos es el índice de valor actual neto (IVAN, como ya se adelantó en el Capítulo 1), que calcula cuánto VAN aporta cada peso invertido en cada proyecto, calculado por:

$$IVAN_p = \frac{VAN_p}{I_p} \qquad (12.14)$$

Donde $IVAN_p$ es el índice de valor actual neto del proyecto *p*; VAN_p, el valor actual neto del proyecto *p*, e I_p, la inversión requerida por el proyecto *p*.

El $IVAN_p$ es una aplicación particular del método general propuesto por Senju y Toyoda[7], que busca asignar óptimamente recursos insuficientes a proyectos que son indivisibles y que muestran una rentabilidad atractiva para la empresa.

5 La cantidad de combinaciones posibles está dada por la expresión $2^n - 1$, que, en este caso, corresponde a $127 = 2^7 - 1$.

6 El método de comparar las TIR tiene, por su simplicidad, una gran aceptación. Si bien en el margen presenta problemas cuando la sumatoria de las inversiones no coincide con el presupuesto disponible, se ha determinado, en una serie de pruebas simuladas, que permite resultados muy similares a los de una selección óptima. Así lo demuestra el ejemplo que se utilizó en este texto.

7 Shizuo Senju y Yoshiaki Toyoda, "An approach to lineal programming with 0-1 variables", *Management Science*, vol. 15, núm. 4, 1968, págs. 196-207.

De acuerdo con los antecedentes del ejemplo, los proyectos por IVAN se pueden jerarquizar de la siguiente manera.

Proyecto	IVAN (%)
B	0,52
G	0,33
A	0,31
C	0,24
E	0,23
D	0,10
F	0,07

Aunque en el ejemplo se excluirían los proyectos *D* y *F* tanto siguiendo el procedimiento de comparar las tasas internas de retorno como el de comparar los índices de valor actual neto de los proyectos, se observa que el ordenamiento no es el mismo para ambos métodos, por lo que se podrían concluir combinaciones diferentes de los resultados de cada uno de ellos.

El ordenamiento basado en la comparación de los IVAN tiene la ventaja, sobre la comparación por TIR, de que privilegia el aporte al VAN total de la combinación de proyectos por cada peso invertido en soluciones múltiples cuando el proyecto presenta flujos de caja con más de un cambio de signo. Una ventaja más del IVAN es que permite evaluar cada proyecto con tasas de descuento distintas entre ellos, con la finalidad de que se considere la posibilidad cierta de que las inversiones tengan riesgos distintos.

Por otra parte, un ordenamiento por VAN, VAE o VAN(∞) tendría el error de considerar la rentabilidad absoluta entre proyectos, independientemente de cuánto VAN aporta cada uno por peso asignado a su inversión.

El ordenamiento de proyectos por comparación de los IVAN o las TIR no es válido en los proyectos que se encuentran en el margen, cuando la sumatoria de sus inversiones no coincide con el presupuesto disponible. En este caso, queda un remanente presupuestario inferior a la cuantía de la inversión requerida para desarrollar el proyecto siguiente del ordenamiento.

En una situación como esta, se podría lograr una combinación mejor si se utilizaran todos los recursos disponibles, en vez de dejarlos ociosos, sustituyendo proyectos que tienen un mejor indicador por otros que, siendo inferiores, posibilitan utilizar una mayor cantidad de los recursos disponibles.

Esto sucede porque se supone que los recursos disponibles no invertidos en esos proyectos pueden destinarse a otros fines que le retornarán a la empresa una rentabilidad equivalente al costo de capital. En otras palabras, el VAN de la inversión ociosa será igual a 0, ya que genera una rentabilidad equivalente a la tasa que se utiliza para actualizar los flujos.

Una solución fácil, rápida y muy simple a este problema se logra mediante la programación lineal, que en Excel se soluciona aplicando la función **Solver**.

Para ello, se elabora una hoja de trabajo como la que se muestra en la Figura 12.3.

Figura 12.3
Hoja de cálculo para solución Solver en la selección de proyectos

	A	B	C	D	E	F	G
1	Proyecto	Inversión	VAN	Variable	Inversión*Variable	VAN*Variable	
2	A	1.000	307	1	1.000	307	
3	B	300	155	1	300	155	
4	C	1.500	367	1	1.500	367	
5	D	800	76	1	800	76	
6	E	1.600	360	1	1.600	360	
7	F	2.200	152	1	2.200	152	
8	G	400	133	1	400	133	
9					7.800	1.550	
10	Presupuesto	4.800					

Las primeras tres columnas incluyen el nombre del proyecto, la inversión requerida por cada uno y su VAN. La cuarta columna incluirá un parámetro de carácter binario. La quinta y la sexta incluirán la inversión y el VAN de cada proyecto en función del valor (1 para seleccionar y 0 para rechazar) que asumirá el parámetro **Variable**.

En la Figura 12.3 se observa que, para hacer todos los proyectos, se necesitarían recursos por $7.800, con lo que se lograría un VAN acumulado de $1.550.

Como los recursos presupuestarios solo alcanzan los $4.800, la herramienta **Solver** buscará la combinación que haga máxima la sumatoria de los VAN dada esa restricción.

Para ello, se debe activar la herramienta **Solver** que por defecto viene oculta. Marcando **Botón de Office** se elige **Opciones de Excel**/**Complementos**/**Ir...** En el cuadro de diálogo **Complementos** que aparecerá, se activa la casilla **Solver**. La función aparecerá en el menú **Datos** del Excel, cada vez que se abra la pestaña.

En la hoja de trabajo se ejecuta el mandato **Datos**/**Solver** y aparece un cuadro de diálogo denominado **Parámetros de Solver**.

En la **Celda objetivo** se marca aquella donde está la sumatoria de los VAN (F9). En **Valor de la celda objetivo** se selecciona **Máximo** (viene por defecto); en **Cambiando las celdas** se selecciona todo el rango de variables (D2:D8) y en **Sujetas a las siguientes restricciones** se marca **Agregar...** En el cuadro de diálogo que aparecerá, se indica que los valores D2:D8 están sujetos a la restricción de ser binarios. Seleccionando nuevamente **Agregar...**, se indica que la sumatoria de las inversiones (o sea, la celda E9) está sujeta a la restricción de tener que ser igual o menor que el presupuesto (celda B10). La Figura 12.4 muestra ambas instrucciones.

Figura 12.4
Restricciones para ejecución del Solver



Al marcar **Aceptar**, aparecerá la pantalla que se muestra en la Figura 12.5.

Figura 12.5
*Cuadro de diálogo **Parámetros de Solver***

	A	B	C	D	E	F
1	Proyecto	Inversión	VAN	Variable	Inversión*Variable	VAN*Variable
2	A	1.000	307	1	1.000	307
3	B	300	155	1	300	155
4	C	1.500				367
5	D	800				76
6	E	1.600				360
7	F	2.200				152
8	G	400				133
9						550
10	Presupuesto	4.800				
11						
12						

Marcando **Resolver**, el Solver itera las combinaciones hasta encontrar la que entrega el máximo VAN acumulado cumpliendo con las restricciones. La Figura 12.6 muestra que el programa elimina en forma automática los proyectos *D* y *F*, entregando una solución final idéntica a la obtenida al analizar una a una todas las combinaciones posibles.

Figura 12.6
Selección Solver de proyectos con restricción de recursos

	A	B	C	D	E	F
1	Proyecto	Inversión	VAN	Variable	Inversión*Variable	VAN*Variable
2	A	1.000	307	1	1.000	307
3	B	300	155	1	300	155
4	C	1.500	367	1	1.500	367
5	D	800	76	0	0	0
6	E	1.600	360	1	1.600	360
7	F	2.200	152	0	0	0
8	G	400	133	1	400	133
9					4.800	1.322
10	Presupuesto	4.800				

En este ejemplo se llega al mismo resultado recurriendo tanto al IVAN como a la función **Solver**, solo porque la solución encontrada hace uso del total del presupuesto. Cuando no coinciden (lo que se observa en la gran mayoría de los casos), el IVAN entrega una información errónea, mientras que el Solver siempre encuentra el óptimo.

El Ejemplo 12.11 demuestra lo anterior.

Ejemplo 12.11

Considere los siguientes 14 proyectos que se muestran en la Figura 12.7, con su respectivo IVAN, para una restricción de recursos de $75.000.

Para eliminar los proyectos que exhiben un menor IVAN, se anota el valor 0 en la celda **Variable**. Se eliminan de menor a mayor los IVAN hasta que se cumpla la condición de la restricción presupuestaria. El resultado se observa en la Figura 12.7, la que permite obtener un VAN acumulado de $15.474, eliminando los proyectos *A*, *D* y *E*.

Figura 12.7
Combinación de proyectos por IVAN

Proyecto	Inversión	VAN	Valor	Inv*Valor	VAN*Valor	IVAN
A	10.000	1.616	0	-	-	0,162
B	4.530	1.054	1	4.530	1.054	0,233
C	2.528	826	1	2.528	826	0,327
D	18.909	2.340	0	-	-	0,124
E	23.551	2.650	0	-	-	0,113
F	12.008	2.005	1	12.008	2.005	0,167
G	10.776	1.856	1	10.776	1.856	0,172
H	4.599	887	1	4.599	887	0,193
I	2.689	675	1	2.689	675	0,251
J	3.498	1.005	1	3.498	1.005	0,287
K	7.650	2.660	1	7.650	2.660	0,348
L	9.316	2.450	1	9.316	2.450	0,263
M	4.565	1.076	1	4.565	1.076	0,236
N	3.345	980	1	3.345	980	0,293
Presupuesto	75.000			65.504	15.474	

Esta solución, sin embargo, deja sin usar $9.496 del presupuesto disponible. Si alguno de los proyectos descartados requiriese una inversión inferior a este monto, sin duda habría que reincorporarlo por tener un VAN positivo. Cuando todos demanden una inversión mayor que ese saldo, debe reevaluarse la posibilidad de dejar fuera uno con mayor IVAN y destinar los recursos liberados más el saldo anterior a hacer otro proyecto que, aun teniendo menor IVAN, permita un VAN total mayor.

Para buscar la combinación óptima, se debe considerar que 14 proyectos hacen 16.384 combinaciones y que el Solver está programado por defecto para hacer solo 100. Por tal motivo, después de dar las instrucciones en el cuadro de diálogo **Parámetros de Solver** se debe pulsar **Opciones**, para cambiar la cantidad de iteraciones, antes de marcar

Resolver. En el cuadro de diálogo **Opciones de Solver** que muestra la Figura 12.8, se anota 16.384[8] en la celda **Iteraciones** y 0 (cero) en la celda **Tolerancia**.

Figura 12.8
Cuadro de diálogo ***Opciones de Solver***



Marcando **Aceptar** en el cuadro de diálogo **Opciones de Solver** y **Resolver** en **Parámetros de Solver**, se obtiene la solución óptima que muestra la Figura 12.9.

Figura 12.9
Combinación de proyectos por Solver

Proyecto	Inversión	VAN	Valor	Inv*Valor	VAN*Valor	IVAN
A	10.000	1.616	1	10.000	1.616	0,162
B	4.530	1.054	1	4.530	1.054	0,233
C	2.528	826	1	2.528	826	0,327
D	18.909	2.340	0	-	-	0,124
E	23.551	2.650	0	-	-	0,113
F	12.008	2.005	1	12.008	2.005	0,167
G	10.776	1.856	1	10.776	1.856	0,172
H	4.599	887	1	4.599	887	0,193
I	2.689	675	0	-	-	0,251
J	3.498	1.005	1	3.498	1.005	0,287
K	7.650	2.660	1	7.650	2.660	0,348
L	9.316	2.450	1	9.316	2.450	0,263
M	4.565	1.076	1	4.565	1.076	0,236
N	3.345	980	1	3.345	980	0,293
Presupuesto	75.000			72.815	16.415	

En conclusión, se puede afirmar que el IVAN tiene limitaciones que son fácilmente subsanables si se recurre a la programación lineal Solver del Excel.

8 Con muchas menos, el Solver encuentra la combinación óptima, pero como no existe un criterio cuantitativo y el tiempo de ejecución es el mismo, se optó por pedirle que pruebe el cien por ciento de los escenarios.

Preguntas y problemas

12.1 Explique el concepto de rentabilidad inmediata y señale en qué casos puede o no utilizarse.

12.2 Enuncie las situaciones que se pueden encontrar al determinar la oportunidad de reemplazar un activo.

12.3 Explique en qué consiste el cálculo del costo anual equivalente para comparar proyectos y señale en qué casos se puede aplicar, si las opciones que se estudian tienen distinta vida útil.

12.4 Explique económicamente por qué puede justificarse no sustituir una tecnología de alto costo anual equivalente por otra de bajo costo anual equivalente.

12.5 Enuncie las variables más importantes que condicionan el momento de abandonar o liquidar una inversión.

12.6 Explique en qué consisten y en qué se diferencian los modelos de Fisher, Faustmann y Boulding para determinar el momento de liquidar un proyecto.

12.7 ¿En qué se diferencia el análisis del momento óptimo de liquidar un proyecto forestal de uno ganadero?

12.8 ¿Qué variables determinan el tamaño óptimo de un proyecto?

12.9 Analice las relaciones entre la TIR marginal y el VAN incremental para explicar el tamaño óptimo de un proyecto.

12.10 ¿Cómo se determina el tamaño óptimo cuando los costos vinculados con él aumentan a tasas crecientes y los beneficios también aumentan, pero a tasas decrecientes?

12.11 ¿Cuáles son las variables que se deben considerar en la determinación del tamaño óptimo en un proyecto con demanda creciente?

12.12 Comente la siguiente afirmación: "Es frecuente que las empresas elijan una opción tecnológica pequeña y programen su sustitución o agregación para enfrentar una demanda creciente, aun cuando su VAN sea inferior al de la opción de comprar una tecnología mayor y aunque trabaje con capacidad ociosa inicial".

12.13 Explique la principal diferencia en el análisis de la determinación del tamaño óptimo entre proyectos con demanda constante y con demanda creciente.

12.14 ¿Qué ventajas ofrece el indicador IVAN respecto de otros para determinar la combinación óptima de proyectos cuando existen restricciones de recursos?

12.15 Indique en qué caso el IVAN entrega la solución óptima.

12.16 Determine el año en que debe hacerse una inversión de $100.000, si los flujos de caja estimados son independientes del momento en que se implemente, si la tasa exigida es de 11% y si la proyección de flujos de caja es como sigue.

Año	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Flujo	$7.650	$8.340	$9.908	$11.315	$13.400	$15.200	$18.004	$20.980	$23.051	$26.993

12.17 Determine el momento óptimo de sustituir un activo por otro igual si se conoce la siguiente información.

- Valor de adquisición: $10.000.
- Costo total primer año: $3.000.
- Tasa de crecimiento anual de los costos: $y = 120e^{0,085}$.
- Tasa de disminución anual del valor de desecho: $y = 7,5x^2 - 172,5x + 1.165$.

12.18 Una empresa debe decidir cuál de las siguientes tecnologías comprar si la decisión no fuese posteriormente reversible.

	Tecnología 1	Tecnología 2	Tecnología 3
Inversión	$120.000	$90.000	$100.000
Costo año 1	$18.000	$24.000	$22.000
Tasa de crecimiento de costos	$Y = 400 + 80x$	$Y = 300 + 110x$	$Y = 200 + 90x$
Tasa de decrecimiento valor de desecho	10% anual	8% anual	6% anual

12.19 Una empresa forestal busca determinar en qué momento le conviene cortar los árboles que plantó hace algunos años. Hoy podría venderlos, aún en etapa de crecimiento, en $400.000 y utilizar los recursos en otras inversiones comparables que tienen una tasa de retorno de 12% anual. Si continúa con el bosque, se proyecta un crecimiento de su valor anual como se muestra a continuación.

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Variación		16,1%	13,5%	10,4%	7,7%	4,1%	2,0%	0,3%	0%	0%	0%

12.20 El estudio del mercado que realizó una empresa concluyó que las unidades vendidas ($30 * 1.600 unidades) podrían crecer a una tasa de 10% anual en los próximos cinco años. Evalúe la conveniencia de cada una de las tres alternativas tecnológicas cuya capacidad de producción y cuyos costos se indican en la tabla siguiente.

Tecnología	Inversión ($)	Capacidad de producción (unidades por año)	Costo fijo ($)	Costo variable ($)
A	$60.000	1.700	$18.000	$12
B	$67.000	2.000	$22.000	$10
C	$81.000	2.500	$24.000	$8

Considere una tasa de retorno de 10% anual y que se puede comprar cualquier cantidad, pero solo de una tecnología.

12.21 Una empresa ha identificado los siguientes cinco proyectos con los flujos de caja que se indican a continuación.

Flujos	Proyecto 1 ($)	Proyecto 2 ($)	Proyecto 3 ($)	Proyecto 4 ($)	Proyecto 5 ($)
0	–$10.000	–$4.000	–$22.000	–$3.000	–$15.000
1	$4.000	$2.000	$5.200	$1.100	$3.500
2	$4.000	$2.000	$5.200	$1.100	–$15.000
3	$4.000	$2.000	$5.200	$1.100	$3.500
4	$4.000	$2.000	$5.200	$1.100	–$15.000
5	$4.000		$5.200	$1.100	$3.500
6	$4.000		$5.200		–$15.000
7					$3.500
8					–$15.000

Considerando una tasa de descuento de 10%, jerarquice los proyectos de acuerdo con los modelos expuestos en el capítulo.

12.22 Seleccione la combinación de proyectos que haga máxima la suma de sus VAN, si existe una restricción de capital de $68.000, y si la inversión y el VAN de cada proyecto son los siguientes.

Proyecto	Inversión ($)	VAN ($)
1	$10.050	$3.622
2	$6.008	$2.806
3	$32.875	$19.058
4	$14.099	$6.200
5	$5.549	$1.120
6	$16.120	$3.714
7	$21.544	$5.430
8	$4.103	$992
9	$7.558	$1.845
10	$11.087	$2.591

Capítulo 13

Proyectos en empresas en marcha

Contrariamente a lo que mucha gente piensa, la gran mayoría de las evaluaciones de proyectos no son para estudiar la conveniencia de crear nuevas empresas, sino para determinar si es rentable o no implementar un proyecto de mejora en una empresa que ya está funcionando. El objetivo de este capítulo es analizar las particularidades de los proyectos que es posible identificar en empresas en marcha: de inversión y de desinversión.

Proyectos de inversión, como se mencionó en el Capítulo 1, son aquellos donde la empresa asigna recursos a una iniciativa que compara con el rendimiento de los flujos futuros que esa mejora permite. Algunos proyectos típicos de esta categoría son los de ampliación, internalización (hacer en vez de comprar) y reemplazo.

Proyectos de desinversión son los que permiten a la empresa obtener recursos a cambio de flujos futuros, generalmente negativos, y de perder una propiedad. Algunos ejemplos de proyectos que caben en esta categoría son los de *outsourcing* (o externalización)[1], abandono o reemplazo con disminución de capital (como la sustitución de una máquina con capacidad ociosa por otra de menor valor).

En otras palabras, un proyecto de inversión "sacrifica" recursos hoy por las expectativas de tener un beneficio mayor a futuro. Este beneficio se logra obteniendo más ingresos, reduciendo costos o incrementando el valor de la propiedad generada por la inversión realizada. Un proyecto de desinversión, por otra parte, libera activos que pueden ser vendidos (generando un ingreso inicial), que deben compararse con el ingreso neto que se deja de percibir, con el mayor costo de tener que contratar con un tercero el servicio que deja de hacer y, al contrario de los proyectos de inversión, con la disminución en el valor de los activos de su propiedad (menor valor de desecho).

Aunque la estructura general para la preparación de los flujos de caja y para la posterior evaluación y sensibilización de los resultados puede ser la misma para los cinco tipos de proyectos individualizados –*outsourcing*, reemplazo, ampliación, abandono e internalización–, hay particularidades que obligan a una consideración diferenciada de cada uno de ellos para poder, primero, formular correctamente sus costos y beneficios, y, en segundo lugar, medir e interpretar correctamente los resultados del cálculo de su rentabilidad, medir su riesgo y efectuar los análisis de sensibilización que correspondan.

Un buen emprendedor, cuando ve que su entorno cambia, que los presupuestos no se están cumpliendo ni las metas se están alcanzando, trata de redefinir su proyecto adaptándolo a las nuevas condiciones. El resto intenta alcanzar a cualquier costo los resultados originalmente previstos.

Aunque la mayoría de los textos enseñan a medir la rentabilidad de la creación de nuevos negocios, la formulación, la preparación y la evaluación de proyectos tienen tanta o más importancia en el análisis de proyectos que ya están en marcha. El reemplazo oportuno de un activo, el cierre a tiempo de un área de negocios o la ampliación de actividades son tareas de permanente evaluación.

Las posibles reacciones ante un cambio son las siguientes:

- La evasión, donde se decide desistir de continuar el proyecto, ya sea abandonándolo o modificándolo.
- La transferencia del impacto, para que las consecuencias las asuma un tercero (por ejemplo, externalizar parte del proceso en un ambiente de frecuentes cambios tecnológicos).

1 En algunos países, también llamados tercerización.

- La mitigación del impacto (por ejemplo, tomar un seguro de tipo de cambio).
- La aceptación del suceso, luego de determinar que continuar tiene menos costos que abandonar.

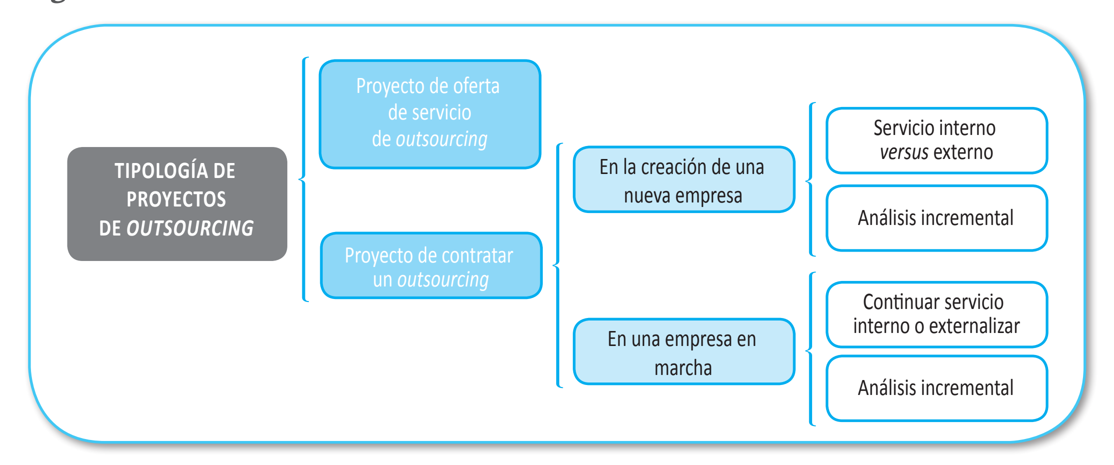
13.1 Proyectos de outsourcing

Existen tres tipos de evaluación de proyectos de *outsourcing*.

1. En primer lugar, la creación de un proyecto para ofrecer el servicio de *outsourcing* a terceros. En este caso, se evalúa si, dadas las inversiones y dados los costos de funcionamiento, se puede ofrecer a otros desarrollarles externamente algo que realizan internamente. Por ejemplo, la creación de un centro de esterilización de instrumental médico para ofrecerles el servicio a clínicas y hospitales de una zona.
2. Al formular un proyecto de creación de una nueva empresa, el evaluador se enfrenta a definir muchas variables antes de poder medir la rentabilidad de la inversión: ¿convendrá comprar una máquina barata de corta vida o una más cara de larga vida?, ¿se comprarán o arrendarán las oficinas?, ¿se trabajarán segundos turnos o se pagará sobretiempo? Una de estas cuestiones será si conviene contratar un servicio externo (mantenimiento de maquinaria, lavandería, etc.) o hacerlo internamente.
3. En una empresa en funcionamiento, es frecuente evaluar si se debe continuar realizando una actividad internamente o si convendrá traspasársela a un externo. Este es el tipo de proyectos más común, pero, por existir dos metodologías alternativas para evaluarlos, una cantidad importante de ellos son incorrectamente formulados y, por lo tanto, sus resultados son incorrectos.

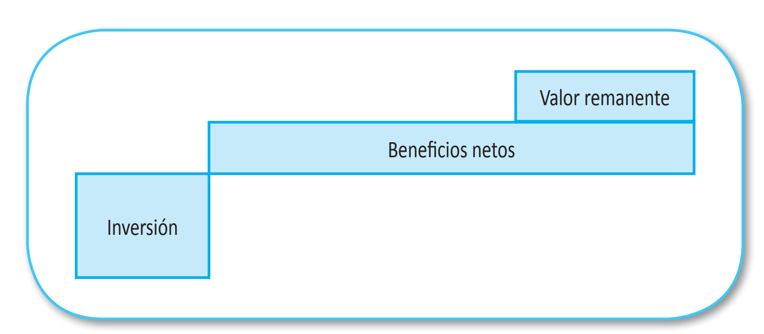
A continuación, se describirá esquemáticamente la estructura de los flujos de caja de las siguientes situaciones donde se evaluará un *outsourcing*.

Figura 13.1



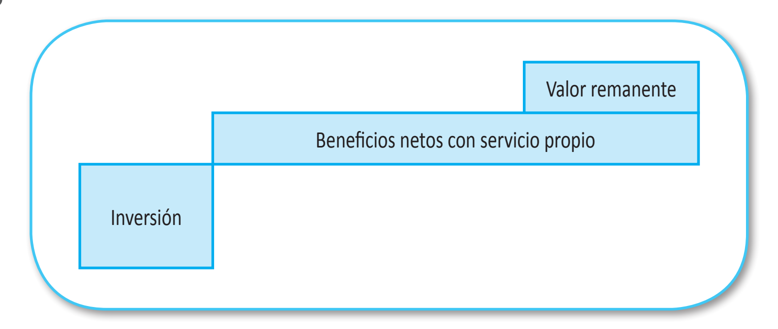
En proyectos para ofrecer servicios de *outsourcing*, el flujo de caja se construye como cualquier proyecto nuevo. Es decir, se comparan las inversiones necesarias para poder prestar servicios y luego se comparan con los costos de las prestaciones y los ingresos, y después se incorpora el valor remanente (o valor de desecho) de las inversiones al final del periodo de evaluación. Obviamente, deben considerarse todas las inversiones de reposición durante el horizonte de evaluación, así como los ingresos por venta de activos y los efectos tributarios correspondientes. Gráficamente, el flujo (no tiene por qué ser constante todos los años) asumiría una forma como la siguiente.

Figura 13.2



En proyectos para contratar servicios de *outsourcing* al evaluar la creación de una empresa, existen dos opciones: comparar los resultados de la evaluación de tener un sistema propio y compararlos con los del costo del *outsourcing*. El caso es idéntico al de una decisión de comprar *versus* arrendar, y los dos escenarios posibles se pueden graficar de la siguiente manera.

Figura 13.3



Este flujo debe ser comparado con la opción de un *outsourcing*, o sea, con los costos de contratar el servicio externamente, lo que se puede graficar como sigue.

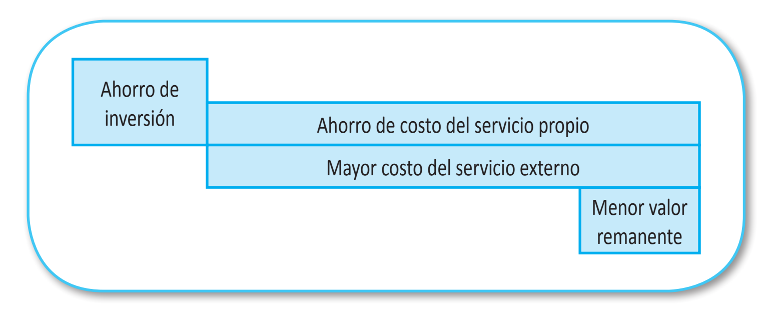
Figura 13.4

Costos de contratar servicio externo

Como no hay inversiones propias, no se debe considerar valor remanente.

Alternativamente, se puede hacer un solo flujo comparativo, llamado flujo incremental, donde se reconoce que, si se hace el *outsourcing*, la empresa deberá asumir el costo del externo, pero, a cambio, se ahorra la inversión y los costos de hacerlo internamente y deja de tener un activo al final del horizonte de evaluación, por lo que se presupuesta un menor valor remanente. Gráficamente, el flujo incremental quedaría como sigue.

Figura 13.5

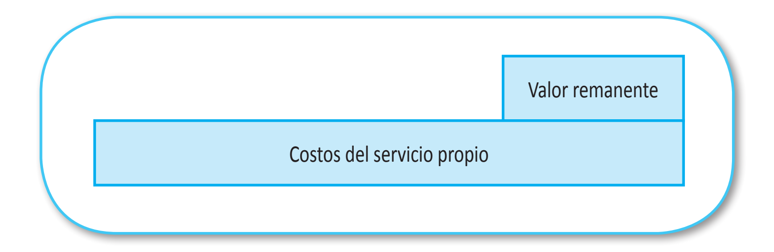


El flujo resultante de la Figura 13.5 debe ser igual a la diferencia entre los dos flujos de las Figuras 13.3 y 13.4.

Los proyectos para contratar servicios de *outsourcing* en una empresa en marcha difieren de los anteriores, porque en este caso ya existe en la empresa una estructura de activos para desarrollar el servicio internamente y que serían liberados al decidir la externalización. Igual que en el caso anterior, existen dos alternativas metodológicas para llegar a un mismo resultado: comparar el costo de continuar con el servicio propio con el costo de entregar esa responsabilidad a un tercero, o hacer un solo análisis incremental.

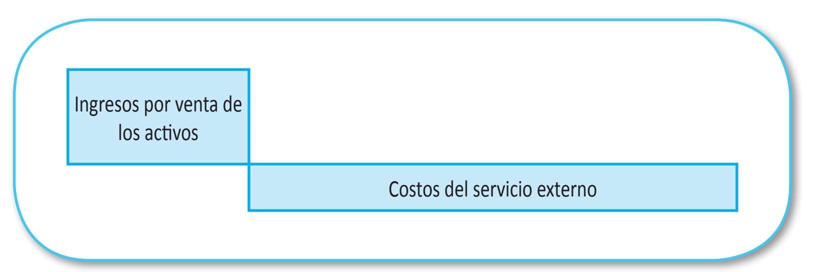
Si se continúa con la actividad interna, la empresa enfrentará los costos de operación propios, aunque deberá esperar al final del horizonte de evaluación para considerar la propiedad de los activos que actualmente posee (y la de aquellos que deban sustituirse durante el periodo de evaluación). Gráficamente, el flujo tendría la forma siguiente.

Figura 13.6



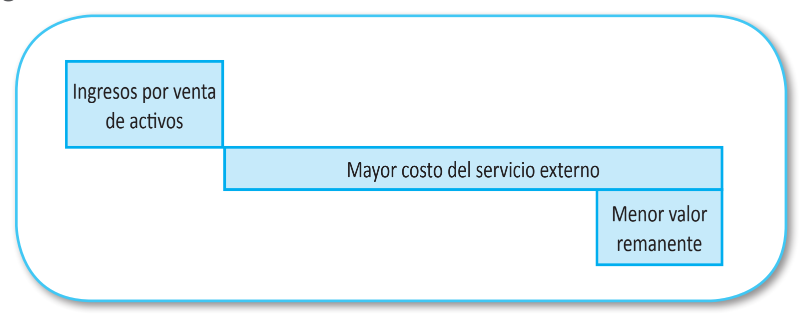
Si se acepta el *outsourcing*, la empresa tendrá que asumir los costos del externo, pero, además, al liberar los activos que actualmente está utilizando, podrá vender o usar en otra actividad los activos liberados. Cualquiera que sea el caso, se considerará un beneficio inicial, ya sea por el ingreso de la venta de activos (neto de impuestos) o el ahorro de inversiones al reutilizar en otra actividad los activos liberados. Gráficamente, este escenario quedaría de la siguiente manera.

Figura 13.7



La otra metodología, igual que en el caso anterior –y que, por lo demás, existe en todo proyecto que se evalúa en una empresa en marcha (ampliación, abandono, reemplazo, etc.)–, trabaja todo el flujo incrementalmente. La dificultad, en los proyectos de *outsourcing*, radica en su carácter de desinversión. La figura siguiente muestra que si se hace el *outsourcing*, la empresa deberá enfrentar la variación de costos entre continuar con el servicio o externalizarlo (el costo interno puede ser mayor o menor que el externo), a cambio de generar un ingreso por la liberación y venta de activos (o su uso en otras opciones), pero considerando que su venta hoy hará a la empresa "perder" la propiedad que tenía sobre esos activos, por lo que tendrá menos bienes al final del horizonte de evaluación. Esto se reflejará en un menor valor remanente de la inversión. En la figura, se supuso que el costo externo es mayor que el interno, pero es posible que sea todo lo contrario cuando es el proveedor del servicio el que puede obtener economías de escala que traspasan en parte a los precios.

Figura 13.8



Obviamente, en este caso también debe coincidir el resultado de este flujo con la diferencia entre los resultados de los dos flujos graficados inmediatamente antes de él.

Los proyectos de *outsourcing* son, quizá, los que exhiben un mayor desarrollo en los últimos años dentro de las opciones de inversión en mejoras que buscan las empresas para optimizar la rentabilidad de su gestión. Esto se explica por las claras ventajas que se han podido observar en aquellas instituciones que han externalizado parte de sus actividades. Entre las principales ventajas, se pueden mencionar las siguientes:

- Concentrar los esfuerzos de la empresa en desarrollar la actividad de su giro principal.
- Compartir el riesgo de las inversiones con el proveedor externo.
- Liberar recursos que pueden ser utilizados en otras actividades más rentables.
- Generar entradas de capital por la eventual venta de activos que dejan de ocupar.
- Mejorar la eficiencia al traspasar a expertos la ejecución de actividades especializadas.
- Acceder a tecnologías de punta sin tener que realizar inversiones frecuentes en modernizarse.
- Apoyar estrategias de crecimiento al suplir insuficiencias de capacidad de servicios.

La concentración de esfuerzos generalmente se asocia con el aumento de eficiencia en los procesos y de eficacia en los resultados, al permitir reducir la distracción de recursos en operaciones de procedimientos a veces simples, como algunos mantenimientos de activos, y concentrarlos en las actividades principales de la misión corporativa. Al externalizar, la empresa reduce la cantidad de procesos internos, lo que le posibilitará concentrar sus esfuerzos en la optimización de las actividades que continúa desarrollando. Al focalizar el trabajo en menos cantidad de tareas, también se puede aumentar la rapidez, la precisión y la calidad de los procesos, aunque quizá lo fundamental sea que no se distrae a la gerencia de las tareas que otorgan ventajas competitivas a la empresa.

La posibilidad de compartir el riesgo de la inversión con terceros es especialmente importante cuando una parte del proceso está inserta en un sector cuya tecnología es altamente cambiante. Por ejemplo, importantes editoriales de nivel mundial han preferido concentrar sus esfuerzos en el trabajo editorial (identificación de requerimientos de textos, búsqueda del autor más calificado para emprender el proyecto, distribución y venta), haciendo *outsourcing* de la impresión de los libros. De esta forma, la fuerte velocidad de cambio que se observa en la tecnología de impresión deja de ser una preocupación de la empresa, obligando a que sean los proveedores de servicios quienes enfrenten estas renovaciones si quieren seguir siendo competitivos. Al quedar rápidamente obsoleta una tecnología, la empresa editora solo cambia al proveedor del servicio si este no es capaz de adecuar su oferta a la modernidad permanente del sector.

Aunque en muchos casos hacer un *outsourcing* puede ocasionar mayores costos que los que tendría la empresa si continuara con el desarrollo del proceso internamente, la decisión de externalizar podría justificarse al permitir la liberación de recursos que pueden ser utilizados en actividades más rentables. Generalmente, un *outsourcing* deja

a determinados recursos, como terrenos, galpones, vehículos o personal, disponibles para destinarlos a incrementar la eficacia de otros procesos en el interior de la empresa. Es así como un proyecto de ampliación de una línea de productos muy rentable puede ser financiado mediante la disminución de requerimientos de capital para los activos y recursos que un *outsourcing* pueda liberar. La optimización del uso de los recursos que el evaluador de proyectos debe buscar permanentemente en la empresa lo obliga a estudiar aquellas opciones para los proyectos rentables existentes que pudieran hacer aún más rentables los recursos invertidos por la empresa.

La externalización permite liberar recursos de capital que pueden ser vendidos, generando entradas de capital, o recursos financieros que pueden destinarse a otras opciones más lucrativas, como por ejemplo reemplazar tecnología que pudiera estar empezando a enfrentar aumentos en la tasa de costo de mantenimiento y uso de repuestos; o para pagar un crédito cuyo costo financiero sea superior al eventual mayor costo de una externalización.

El *outsourcing* también permite la mejora de la eficiencia y facilita cumplir con requerimientos difíciles para alcanzar plazos y calidades de trabajo, al mejorar la eficiencia global de la empresa mediante el traspaso a expertos de la ejecución de esas actividades complejas. La eficiencia aumenta con una externalización cuando la empresa consigue, mediante ella, una asistencia profesional y calificada en materias donde se requiere un alto grado de conocimiento y experiencia en la ejecución de una determinada tarea, permitiendo reducir cuellos de botella en el proceso y adquirir nuevas habilidades cuando el proveedor especializado puede ayudar a definir requerimientos realistas para el proceso[2]. Las empresas que intentan hacer todo ellas mismas incurren frecuentemente en altos costos de investigación, desarrollo, producción y distribución de sus productos. No menos importante es que la externalización hace posible administrar costos conocidos y mejorar la calidad del control con base en lo establecido contractualmente con un tercero.

El *outsourcing* permite a la empresa acceder a tecnologías de punta sin exigir la realización de las inversiones permanentes de una modernización. Es, en este sentido, un instrumento que posibilita mitigar las pérdidas y la distracción de recursos de capital para enfrentar el proceso de adecuación a los cambios tecnológicos. De la misma forma, una administración eficiente del *outsourcing* acelera los beneficios de una reingeniería para mejorar los costos, la calidad, el precio y la velocidad de producción y ventas en el giro central de la empresa.

Por último, el *outsourcing* permite apoyar las estrategias de crecimiento de la empresa, al suplir o compartir responsabilidades donde pudieran existir deficiencias e incapacidades para otorgar las respuestas en la provisión de servicios que exige ese desarrollo.

2 Esto conlleva la necesidad de definir medidas de desempeño que se constituyan en una herramienta real para motivar un mejor desempeño, principalmente especificando requerimientos desde el punto de vista de los resultados esperados, como una forma de asegurar la calidad del servicio externalizado.

Menos importantes, pero de igual pertinencia, son las ventajas de optar por tecnologías de vanguardia, adoptar nuevas metodologías de trabajo y aplicar estándares de producción y calidad más adecuados.

En general, las empresas que ya han implementado este sistema de funcionamiento aseguran haberse desprendido de estructura pesada y haber logrado agilidad y flexibilidad para adaptarse a los continuos cambios del mercado[3]. El *outsourcing* que inicialmente se empezó a desarrollar en las áreas de sistemas de información, logística y transporte hoy llega a otras que antes se consideraban propias del negocio: el *marketing*, algunas etapas del proceso de producción y ciertos servicios financieros. Los factores que se señalan como principales causas para explicar este cambio son la innovación tecnológica, la competencia y la globalización.

Para las empresas que lo han adoptado, las principales ventajas observadas son la obtención de los mismos procesos pero de manera más eficaz, con mayor calidad y menor costo. Al intensificarse la competitividad, aumenta la necesidad de concertar esfuerzos en los aspectos determinantes de esa competitividad, para lo cual se ceden tareas que pueden ser desarrolladas externamente, con más exigencias y mayor profesionalismo.

Sin embargo, también existen desventajas que hacen recomendable que cada proyecto de *outsourcing* sea completa y correctamente evaluado. Entre otras, se pueden mencionar las siguientes:

- La pérdida de control directo sobre la actividad descentralizada.
- La dependencia de terceros.
- La pérdida de confidencialidad de la información.
- La administración del proceso de comprar a terceros.
- El eventual mayor costo externo (que incluye la utilidad de quien presta el servicio y los mayores costos de transporte).
- La pérdida de talentos internos.

La pérdida de control sobre una actividad entregada a terceros se puede mitigar con la definición de estándares de desempeño, tanto de calidad como de oportunidad en la entrega, pactados con el proveedor del servicio. El mayor riesgo asociado a una decisión de *outsourcing* radica en el incumplimiento de los estándares cuando la empresa ya se deshizo de los activos que le permitían el procesamiento interno. De ser así, revertir la decisión puede ser sumamente costoso por la cuantía de las inversiones que posibiliten la readecuación de procesos que antes de la externalización se realizaban con activos cuyo costo de inversión estaba "hundido" y tenía menor relevancia que la magnitud de la inversión en nuevos equipos, contratación y capacitación del personal despedido o reubicado en la empresa, etcétera.

3 Mónica Andrade, "El *outsourcing* profundiza en la empresa virtual", *El País*, Madrid, domingo 24 de enero de 2000, pág. 45.

Muy asociada con la pérdida de control está la mayor dependencia de decisiones de terceros para mantener el funcionamiento adecuado de la organización. Cuando una empresa entrega a otra, mediante *outsourcing*, una parte del desarrollo de su actividad, pasa a competir con otras que contratan el servicio con el mismo proveedor por la oportunidad en la ejecución de la tarea. Si la empresa contrata bajos niveles de operación, probablemente el proveedor, frente a cualquier problema de cumplimiento, optará por atender a aquel cliente que sea más importante para él, por preferir arriesgar la pérdida de un cliente cuya prestación de servicio sea menos significativa en términos monetarios y relativos. Incluso, una vez finalizado el contrato, si no hubiese facilidades para sustituir por otros el servicio prestado externamente, disminuye la capacidad negociadora de la empresa, por los altos costos de inversión que le significaría reimplementar el proceso internamente.

Otra desventaja del *outsourcing* es la posible pérdida de la confidencialidad de la información sobre, por ejemplo, niveles de actividad, especialmente cuando se externaliza el almacenamiento o manejo informático de la empresa.

Aunque es posible que el proveedor del servicio externo tenga economías de escala en su operación por la especialización que logra en sus procesos (y que podría traspasar a precios inferiores al costo de hacer la actividad internamente), puede en ciertas ocasiones haber un eventual aumento de costo, por cuanto el proveedor del servicio agrega tanto su propia utilidad como otros costos en los cuales la empresa no incurría, como por ejemplo el mayor costo del transporte, los seguros involucrados o su propio margen de utilidad.

Cualesquiera que sean los beneficios de un *outsourcing*, es necesario considerar también el mayor costo tanto de la administración del proceso de vinculación, negociación y transferencia de servicios que pasarían a ser comprados a terceros como de las acciones de control del proveedor externo.

Al externalizar servicios o partes del proceso de producción, la empresa puede enfrentar la pérdida de talentos internos, al prescindir de algunos expertos que pudieron haber necesitado años para adquirir el conocimiento logrado. La pérdida de ellos hace muy difícil la decisión de volver a la situación anterior si cambian las condiciones que hicieron más atractivo optar por el *outsourcing*, ya que, en definitiva, la empresa se desprendió de conocimiento para realizar la actividad. Esto, además, podría tener otros efectos negativos sobre el clima laboral de quienes continúan en la empresa después del despido del personal que hacía las tareas externalizadas.

Externalizar también puede constituir para la empresa una forma eficaz para mejorar el resultado del proceso de asignación de sus recursos. Sin embargo, la metodología de medición de su conveniencia no es trivial y requiere consideraciones particulares dentro de los proyectos de modernización.

En este tipo de decisiones, es fundamental diferenciar entre costos directos y costos indirectos, porque la externalización de servicios muy raramente permitirá a la empresa

ahorrarse la totalidad de los costos atribuibles a su realización interna. Es probable que los costos directos sean mayoritariamente ahorrados, a menos que existan dificultades para su supresión, como por ejemplo los de la mano de obra en instituciones que tienen limitaciones para despedir personal.

Muchos servicios externalizables consideran en su evaluación el ahorro en las remuneraciones directas que podría significar una decisión de *outsourcing*. Sin embargo, por distintos tipos de razones, el recurso humano liberado con esa decisión no siempre es eliminado de la empresa, como puede apreciarse fácilmente en numerosas dependencias del sector público.

Si el recurso humano liberado es asignado a cumplir otras funciones para las cuales se tenía programada una nueva contratación, indudablemente existirá un ahorro de costos y así se deberá considerar en la formulación del proyecto. Si es reasignado para desempeñar una función para la cual se puede contratar a otro funcionario por un sueldo distinto del que él percibe, el ahorro de costos no será su sueldo actual, sino el que le permite, con su reubicación, ahorrarse a la empresa. Pero si es asignado a otra función por existir algún impedimento para su exoneración, no podrá asignársele el beneficio de su ahorro.

De igual forma, se deberán considerar cuidadosamente aquellos costos indirectos de la externalización, como los ocasionados por la administración y la supervisión de la tarea externa, o como los efectos tributarios derivados del probable ahorro de costos. Uno de los mayores problemas se observa en la relación con la liberación de activos y con la forma de considerarlos correctamente en el flujo de caja. Es común que al externalizar se incluya como beneficio del proyecto el ingreso generado por la venta del activo liberado. Sin embargo, esto es incorrecto, por cuanto la pertenencia del activo no es a causa del proyecto de *outsourcing*, sino que ya estaba en la empresa y es independiente de él aun cuando la decisión conlleve su venta. Lo único que es atribuible a él es la posibilidad de hacer líquidos recursos fijos, mediante su venta.

Es decir, la externalización permite a la empresa vender hoy un activo en vez de quedarse con él. Si no se hace el *outsourcing*, la situación base o sin proyecto deberá mostrar en el valor de desecho la propiedad que la empresa mantendrá por quedarse con el activo. Si se hace el proyecto, aparecerá como ingreso por venta.

En consecuencia, para la correcta evaluación de su conveniencia, en un flujo incremental se deberá incluir, en el momento 0, el ingreso (y su efecto tributario) obtenido de su venta y, en el último periodo de evaluación, el menor valor de desecho que tendría la empresa, ocasionado por el mismo proyecto[4].

4 Nótese que en proyectos de inversión (nueva empresa, ampliación o internalización de procesos) siempre se vincula a las inversiones (signo negativo) con el valor remanente que tendrán al final del horizonte de evaluación (valor de desecho con signo positivo). En proyectos de desinversión (abandono, *outsourcing*, etc.), el concepto es el mismo pero con signos inversos: una venta de activo hoy hace a la empresa ver dismido el valor de desecho de los activos liberados.

Otros efectos, como los cambios en las depreciaciones y sus niveles tributarios, los desahucios que pudieran derivarse de una reducción del personal, la magnitud de los recursos a invertir o a recuperar de las inversiones en capital de trabajo, entre otros, se analizan detalladamente en el caso de *outsourcing* que se plantea y resuelve en el Capítulo 14.

Ejemplo 13.1

Una empresa evalúa la conveniencia de externalizar el servicio de transporte de trabajadores que hoy le cuesta $4.000 anuales y por el que tendría que pagar $5.200 anuales. La externalización le permitiría vender hoy los vehículos en $7.000, aun cuando su valor en libros es de solo $2.000 y le quedan dos años por depreciar. Si no hace el *outsourcing*, los vehículos podrían ser usados otros cuatro años más, al cabo de los cuales se podrían vender en $2.000. Los choferes se trasladarían a la sección de distribución, donde se requiere aumentar la dotación para enfrentar el aumento de la actividad observado en los últimos años y que se supone se va a mantener en los próximos.

El flujo de caja de hacer el *outsourcing*, considerando una tasa de impuesto a las utilidades de 15%, queda como:

Tabla 13.1

	0	1	2	3	4
Venta de activo	$7.000				–$2.000
Aumento de costo		–$1.200	–$1.200	–$1.200	–$1.200
Depreciación		$1.000	$1.000		
Valor libro	–$2.000				
Utilidad	$5.000	–$200	–$200	–$1.200	–$3.200
Impuesto	–$750	$30	$30	$180	$480
Utilidad neta	$4.250	–$170	–$170	–$1.020	–$2.720
Depreciación		–$1.000	–$1.000		
Valor libro	$2.000				
Flujo	$6.250	–$1.170	–$1.170	–$1.020	–$2.720

Nótese cómo la venta de activos aparece con el valor positivo en el momento 0 y negativo al final del horizonte de evaluación. Esto es así porque hacer el *outsourcing* cambia la situación presupuestada, permitiendo vender hoy "en vez" de hacerlo en cuatro años más. De igual forma, la depreciación incremental aparece con signo positivo, ya que la empresa aprovecha hoy el efecto tributario del valor contable (al descontar de la utilidad el valor libro), "en vez" de hacerlo en los próximos dos años.

Descontando los flujos a una tasa de 12%, se obtiene un VAN de $1.691, lo que indica que es conveniente externalizar.

13.2 Proyectos de reemplazo

La definición de un programa correcto de sustitución de activos representa uno de los elementos fundamentales de la estrategia de desarrollo de una empresa. Un reemplazo postergado más tiempo del razonable puede elevar los costos de producción, perder competitividad ante empresas que se modernizan o incumplir con los plazos de entrega, entre otros problemas fáciles de identificar. Un reemplazo que se anticipa puede ocasionar el desvío de recursos que pudieran tener otras prioridades con mayor impacto positivo para la empresa, además del costo de oportunidad que implica no trabajar con estructuras y costos óptimos.

El estudio de las inversiones de modernización, por la vía del reemplazo, es el más simple de realizar, aunque, como se verá a continuación, se presentan ciertas complejidades asociadas a la manera de seleccionar la información relevante para la toma de la decisión y al procedimiento para construir los flujos de caja adecuados.

La necesidad de sustituir activos en la empresa se origina en varias causas:

- Por capacidad insuficiente de los equipos existentes para enfrentar un eventual crecimiento de la empresa.
- Por un crecimiento en los costos de operación y mantenimiento de los equipos en niveles ineficientes, comparativamente con los de un nuevo equipo.
- Por una productividad decreciente originada en el aumento de horas de detención del activo para someterlo a reparaciones o mejoras.
- Por la obsolescencia –o envejecimiento económico– observada comparativamente en el mejoramiento continuo derivado de los cambios tecnológicos, los cuales hacen aconsejable la renovación de equipos que, aunque no manifiesten un nivel de desgaste suficiente ni costos de mantenimiento crecientes, enfrentan una opción tecnológica nueva con menores costos de operación o mayor eficiencia en la producción.
- Por la destrucción física total asociada con averías irreparables o que, siendo reparables, tengan un costo de arreglo tan alto que no justifique el gasto.

Dentro de los proyectos de reemplazo, es posible identificar fundamentalmente tres tipos de opciones básicas.

En primer lugar, la opción de sustitución de activos sin cambios en el nivel de operación, ni, por lo tanto, en el nivel de ingresos. Cuando un reemplazo no tiene impacto sobre los ingresos de operación de la empresa, estos pasan a ser irrelevantes para la decisión, por lo que la evaluación deberá elegir la opción de menor valor actual de los costos proyectados. Los únicos ingresos relevantes serán los que se encuentran relacionados con la venta del equipo que se reemplaza, así como con los valores de desecho incluidos en el cálculo de los beneficios. En este caso, la empresa puede optar

por quedarse con el equipo actual o sustituirlo por otro nuevo, basándose en el criterio de mínimo costo. Si incluyera los beneficios, irrelevantes por ser comunes para ambas opciones, necesariamente se elegirá la misma opción según el criterio de máximo VAN. Si los ingresos actuales no se ven modificados con el reemplazo, la opción de mínimo costo será siempre la de mayor utilidad. Por ejemplo:

Tabla 13.2

	Sin reemplazo ($)	Con reemplazo ($)
Ingresos	$1.000	$1.000
Costos	–$700	–$800
Beneficio neto	$300	$200

La opción sin reemplazo es más conveniente por ser la de mínimo costo o la de mayor beneficio neto.

En segundo lugar, es posible identificar la sustitución de activos con cambios en los niveles de producción, ventas o ingresos. Cuando la decisión de reemplazo de un activo hace que se modifiquen los niveles de productividad en la empresa o que se generen nuevos ingresos derivados de cambios en la calidad y en el precio del producto o del aprovechamiento de las nuevas posibilidades comerciales –como por ejemplo la venta de desechos que, con la nueva tecnología incorporada por el equipo que reemplaza al anterior, pudieran tener una posibilidad de venta antes imposible–, tanto los ingresos como los costos asociados al cambio en el activo pasan a ser relevantes para la decisión. Al cambiar los ingresos, la solución de mínimo costo podría no ser siempre la más conveniente. Por ejemplo:

Tabla 13.3

	Sin reemplazo ($)	Con reemplazo ($)
Ingresos	$1.000	$1.200
Costos	–$700	–$800
Beneficio neto	$300	$400

En esta situación, se deberían agregar los efectos indirectos sobre la inversión en capital de trabajo.

En tercer y último lugar, se encuentra la opción de imprescindencia de la sustitución de un activo con o sin cambio en el nivel de operación. Cuando la empresa debe necesariamente hacer el reemplazo de algún equipo (por ejemplo, cuando el activo está deteriorado u obsoleto), la situación base no existe y se debe evaluar cuál de las opciones existentes en el mercado es la más conveniente, aunque considerando el impacto sobre el resto de la empresa, si lo hubiera.

En los dos primeros casos, sería posible determinar que la situación con reemplazo es mejor que la situación actual. Sin embargo, siempre será necesario considerar la opción de mejorar la situación base como una más para evaluar. Esto es lo que comúnmente se denomina situación base optimizada.

En los tres casos anteriores, se podría presentar también la posibilidad de que las opciones que se comparen (entre la situación actual y una alternativa de reemplazo o entre distintas opciones de reemplazo) pudieran tener distintas vidas útiles.

La determinación del horizonte de evaluación de activos con distinta vida útil es una tarea importante para calcular la conveniencia de la sustitución. En muchos casos, las vidas útiles de los activos que se comparan son distintas o, si son iguales, poseen una vida útil remanente distinta.

Cuando el activo que se busca reemplazar tiene una vida útil distinta (usualmente menor) de la del equipo nuevo y genera un cambio en la tecnología (por ejemplo, evaluar la sustitución de un proceso intensivo en mano de obra por otro intensivo en capital, o, como se verá en el caso siguiente, reemplazar el transporte de residuos mediante el uso de camiones por tuberías), es posible evaluar ambas opciones en la cantidad de años de vida útil de la menor de ellas, por cuanto es el máximo tiempo posible de comparación[5]. Cuando difícilmente se puede suponer que la tecnología antigua será reemplazada por otra de similares características al final de su vida útil, existiendo ya una opción mejorada, la decisión comúnmente se toma entre cambiar hoy la tecnología o hacerlo al final de su vida útil[6].

Por otra parte, se debe tener en consideración que, si bien el proyecto de hacer el reemplazo libera y permite vender el activo en uso, este beneficio no puede ser atribuido al proyecto de sustitución, por cuanto la empresa, si hace el reemplazo, perderá la propiedad de dicho activo.

Para considerar los reales impactos de la decisión, se deberá incorporar, en la situación con proyecto, el ingreso por la venta del activo liberado y, en la situación base, el valor de desecho que tendría al final de su vida útil si la empresa continuase con él. En un análisis incremental se incorporará, en el momento 0, el ingreso por la venta del activo y, en el último periodo de evaluación, el menor valor de desecho que tendría la empresa, el que, por ser un costo para ella, se anotará con signo negativo. Ambos procedimientos conducen a un mismo resultado.

5 Al respecto, algunos autores señalan que "debe seleccionarse la longitud del horizonte de planificación, la cual usualmente coincide con la vida útil más larga de los activos. La selección del horizonte de planificación hace suponer que el valor del costo anual equivalente del activo de menor vida útil es el mismo durante el horizonte de planificación. Esto implica que el servicio prestado por el activo de menor vida útil puede ser adquirido al mismo costo anual equivalente que actualmente se calcula para la vida de servicio esperada" (Leland Blank y Anthony Tarquin, *Ingeniería económica*, Bogotá, McGraw-Hill, 1991, pág. 224).

6 En el Capítulo 12, se analizó la forma de determinar cuándo es conveniente hacer el reemplazo, para lo cual se concluyó que eso sucede cuando el costo anual equivalente del nuevo equipo es inferior al costo anual efectivo del equipo antiguo.

El resto de las variables tienen un comportamiento similar al indicado en los capítulos anteriores.

En proyectos de reemplazo sin variación en los niveles de operación se suelen omitir los cambios en los niveles de inversión en capital de trabajo por cuanto probablemente tengan un impacto insignificante en los resultados de la evaluación, ya que se originarían en pequeños cambios en las estructuras de costos, sobre todo por economías o deseconomías de escala. Como se mencionó anteriormente, esto es válido en lo que respecta a la prefactibilidad, pero en un estudio en factibilidad se deberá validar esta consideración antes de incorporarla.

Los costos asociados con la no sustitución de un activo se ocasionan por el mayor costo de operación y de mantenimiento, por la disminución de la capacidad de producción y ventas al aumentar los días de detención para efectuar reparaciones, y por la declinación comparativa de la calidad en relación con la de un equipo nuevo, lo que puede ocasionar a su vez una disminución en las ventas, en la readecuación de los precios para recuperar competitividad o en el reprocesamiento de productos derivados de la menor calidad de producción.

Una opción que siempre se debe evaluar cuando se estudia una posible sustitución de activos es la de mejorar la situación existente. Es decir, el gasto en una reparación mayor o modernización del activo actual puede tener un menor valor actual de costos que seguir con dicho activo.

Ejemplo 13.2

Una empresa utiliza actualmente en su proceso de producción una maquinaria que compró hace tres años en $9.000. Hoy tiene un valor en el mercado de $7.400 y su vida útil restante es de nueve años, momento en el cual se podrá vender, como chatarra, en solo $500. Sus costos de operación anuales se estiman en $1.400 para el próximo año, el que se incrementa exponencialmente a una tasa del 0,12% anual, la misma que se aplica a todos los activos similares de la empresa.

De acuerdo con lo informado por el contador, su valor libro actual es de $7.000, dado que se ha revalorizado por inflación en el pasado. La nueva máquina tiene un valor de $10.000. No se sabe cuál es su vida útil, pero se sabe que el primer año pierde 32% de su valor en el mercado y que cada año siguiente pierde 15% del valor del año anterior.

Los costos directos, estimados para el primer año en $1.200, crecen a la misma tasa que los de la máquina actual. La máquina nueva permite, además, reducir los costos fijos en personal, con lo cual la empresa puede ahorrarse $400 anuales. La tasa de impuesto es de 17%. Todos los activos se deprecian en 10 años.

La información anterior, ordenada por año, se resume como:

Tabla 13.4

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Inversión	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000
Valor de desecho	$6.800	$5.780	$4.913	$4.176	$3.550	$3.017	$2.565	$2.180	$1.853	$1.575	$1.339	$1.138
Costo anual equipo nuevo	$1.200	$1.353	$1.525	$1.720	$1.939	$2.187	$2.465	$2.780	$3.134	$3.534	$3.984	$4.492
Costo anual equipo actual	$1.400	$1.578	$1.780	$2.007	$2.263	$2.551	$2.876	$3.243	$3.656	$4.123	$4.648	$5.241

Para calcular la vida útil óptima económica del equipo nuevo, se actualizan, en primer lugar, todos los valores al momento 0, tomando la precaución de considerar que los costos se incurren anualmente y que el valor de desecho se observa solamente al momento de su liquidación. Sumando los valores actuales, se puede calcular el costo anual equivalente de quedarse con el equipo uno o más años.

La siguiente tabla muestra que el mínimo costo anual equivalente se alcanza con ocho años de uso.

Tabla 13.5

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
VA de la inversión	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000
VA del valor de desecho	$6.182	$4.777	$3.691	$2.852	$2.204	$1.703	$1.316	$1.017	$786	$607	$469	$363
VA de los costos	–$1.091	–$2.209	–$3.355	–$4.530	–$5.734	–$6.968	–$8.233	–$9.530	–$10.859	–$12.222	–$13.618	–$15.049
VA total	–$4.909	–$7.432	–$9.664	–$11.678	–$13.530	–$15.265	–$16.917	–$18.513	–$20.074	–$21.614	–$23.149	–$24.687
Costo anual equivalente	–$5.400	–$4.282	–$3.886	–$3.684	–$3.569	–$3.505	–$3.475	–$3.470	–$3.486	–$3.518	–$3.564	–$3.623

Conocido este antecedente, se procede a elaborar el flujo de caja incremental que se muestra a continuación.

Tabla 13.6

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ahorro de costos de operación equipo actual		$1.400	$1.578	$1.780	$2.007	$2.263	$2.551	$2.876	$3.243	$3.656
Ahorro de costo fijo		$400	$400	$400	$400	$400	$400	$400	$400	$401
Venta de activo	$7.400								$2.180	–$500
Costos de operación equipo nuevo		–$1.200	–$1.353	–$1.525	–$1.720	–$1.939	–$2.187	–$2.465	–$2.780	–$1.200
Depreciación equipo nuevo		–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000
Depreciación equipo actual		$1.000	$1.000	$1.000	$1.000	$1.000	$1.000	$1.000	$0	–$1.000
Valor libro	–$7.000								–$2.000	$0
Utilidad	$400	$600	$625	$654	$687	$723	$764	$811	$43	$357
Impuesto	–$68	–$102	–$106	–$111	–$117	–$123	–$130	–$138	–$7	–$61
Utilidad neta	$332	$498	$519	$543	$570	$600	$634	$673	$36	$297
Depreciación equipo nuevo		$1.000	$1.000	$1.000	$1.000	$1.000	$1.000	$1.000	$1.000	$1.000
Depreciación equipo actual		–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000	$0	$1.000
Valor libro	$7.000								$2.000	$0
Inversión	–$10.000								–$10.000	
Valor de desecho										$7.174
Flujo	–$2.668	$498	$519	$543	$570	$600	$634	$673	–$6.964	$9.471

El valor de desecho del nuevo equipo se calcula por:

Tabla 13.7

Venta	$6.800
Valor libro	–$9.000
Utilidad	–$2.200
Impuesto	$374
Utilidad neta	–$1.826
Valor libro	$9.000
Valor de desecho comercial	$7.174

El Caso 2 del Capítulo 14 incluye las consideraciones más comunes, pero no por ello menos complejas, de los proyectos de reemplazo.

13.3 Proyectos de ampliación

La evaluación del proyecto de ampliación es relativamente similar a la evaluación de un proyecto de reemplazo con cambios en el nivel de operación. La diferencia fundamental radica en que en una ampliación no necesariamente se debe considerar la liberación de un activo en uso, ya que en general solo involucra un aumento de inversiones.

Como se mencionó anteriormente, los proyectos de ampliación pueden ocasionar sustitución de activos (cuando se cambia un equipo de menor capacidad de producción por otro de mayor capacidad) o solo la agregación de nuevos activos al proceso.

También es posible la ampliación mediante la subcontratación, externamente a la empresa, de parte del proceso de producción. Al no tener esta modalidad ninguna particularidad diferente de la de un aumento de costos de funcionamiento asociado a una probable mayor generación de ingresos por incremento en las ventas, no será analizada (básicamente, por su simplicidad) en este texto.

El análisis será muy distinto si se proyecta efectuar la ampliación por medio de un reemplazo o de un complemento de activos. En el primer caso, se procederá con una metodología aplicable a proyectos de reemplazo con cambios en los niveles de ingreso, mientras que, en el segundo, se empleará el procedimiento aplicable a un proyecto de ampliación propiamente tal, de la manera como se describe más adelante.

Cuando una empresa evalúa un proyecto para aumentar la capacidad de elaborar un producto en particular, enfrenta, a veces, la posibilidad de adquirir la capacidad adicional mediante la compra de una empresa que fabrica su mismo producto. Si es así, se deberán comparar las rentabilidades de esta adquisición con la opción de construir o de comprar la planta y los equipos necesarios para ello.

Una particularidad especial que es posible apreciar, tanto en proyectos de ampliación como en aquellos de reemplazo que involucran cambios en los niveles de producción, es que ambos requerirán antecedentes similares a los utilizados para la evaluación de un proyecto nuevo. Por ejemplo, un estudio del mercado que demuestre la capacidad de vender la eventual producción adicional que generará la inversión, o una evaluación de las opciones de tecnología, tamaño e impacto organizacional, entre otros.

Una de las mayores dificultades de los proyectos de ampliación radica en el problema de medir el impacto que el nuevo proyecto tendrá sobre el resto de la empresa, así como el impacto que podrán tener otras actividades realizadas actualmente por la empresa sobre los flujos de caja del proyecto de ampliación.

Será fundamental, en este caso, hacer el máximo de claridad sobre los costos y beneficios que son modificados por el proyecto incremental para evaluar su conveniencia sobre estas bases, independientemente de que por una asignación contable se le pudiera atribuir algún ítem de costo distribuido.

Con frecuencia, se aprecian confusiones respecto de cuáles costos son relevantes de considerar en la evaluación de un proyecto de ampliación. La falta de clarificación de lo anterior puede fácilmente conducir al inversionista a una decisión equivocada, mostrando una proyección económica que no refleja la real rentabilidad de su inversión. Esto se observa, por ejemplo, cuando se incorpora, al flujo de caja de un proyecto de ampliación, la parte de los costos fijos (en los que igual se incurriría en las situaciones con y sin proyecto) que, desde el punto de vista contable, se tendría efectivamente que asignar al proyecto mediante alguno de los procedimientos ampliamente tratados en los textos de contabilidad de costos. Es, asimismo, el caso de los gastos indirectos de fabricación y los gastos de administración, entre otros.

Más complejo puede resultar el análisis de los beneficios que la ampliación ocasiona al resto de la empresa y que podrían, equivocadamente, no atribuirse al proyecto; por ejemplo, cuando la ampliación genera economías de escala que reducen los costos unitarios de ciertos insumos para toda la empresa. Los beneficios que se derivan de estos ahorros, si bien pueden no ser asociados directamente con la actividad propia de la ampliación, se deben incorporar en la estimación de sus ingresos por el hecho de ser logrados por ella. Así como hay elementos o factores que permiten obtener ahorros o economías de escala, existen otros que tienen un efecto contrario; es decir, que hacen aumentar el costo unitario de producción, generando deseconomías de escala. Por ejemplo, en proyectos agroindustriales donde el crecimiento obliga a ir cada vez más lejos para obtener los insumos, con el consiguiente aumento en los costos de transporte, o cuando el crecimiento obliga a un cambio en los sistemas administrativos de toda la empresa. En este caso, el aumento de costo es todo atribuible al proyecto, aun cuando contablemente se asigne a varias unidades de la empresa.

Cuando la empresa crece, es decir, cuando aumenta su escala de producción, puede haber ciertos ahorros que hacen disminuir el costo por unidad producida, ya sea por efecto de la curva de aprendizaje, por una mayor utilización de la capacidad instalada o por el aprovechamiento de descuentos en las compras por mayores volúmenes de insumos, entre otros. Otra particularidad importante de los proyectos de ampliación, a diferencia de los de reemplazo, es que en este caso se deberá tener cuidado de considerar correctamente el efecto que tendrá el proyecto sobre el nivel de inversión en capital de trabajo que mantiene la empresa.

Cuando no cambia el nivel de operación de la empresa, es posible suponer que un reemplazo de activos no modificará la cuantía de los recursos destinados al capital de trabajo. Pero, cuando cambia, necesariamente se deberá hacer alguna consideración respecto de su impacto en la rentabilidad del proyecto.

Por otra parte, para medir el costo de fabricación en distintos niveles de capacidad de producción, se pueden definir los componentes más relevantes del costo: consumo de materias primas y materiales, utilización de mano de obra, mantenimiento de máquinas, gastos de producción en general (energía, seguros, combustibles), etcétera.

El costo fabril definido debe compararse con la capacidad de producción y el monto de la inversión. A esta relación se la denomina masa crítica técnica, la cual, al calcularse, deja muchas veces fuera de análisis el efecto que el proyecto generará sobre los gastos administrativos de la empresa o la consideración de no trabajar a plena capacidad.

Una herramienta frecuentemente utilizada por su simplicidad es la que se denomina factores de escala. Sin embargo, adolece de una gran cantidad de limitaciones, hoy fáciles de superar con cualquier planilla electrónica. Para relacionar el costo unitario de operaciones (C) con la capacidad de la planta (P), dado un número de unidades de producto por unidad de tiempo, define una expresión de la forma siguiente.

$$\frac{C_2}{C_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^f \qquad (13.1)$$

Por lo que:

$$\frac{C_2}{C_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^f * C_1 \qquad (13.2)$$

Donde C_2 es el costo de operación con el proyecto; C_1, el actual costo de operación; P_2, la nueva capacidad de planta; P_1, la actual capacidad de planta, y f, el factor de volumen.

Cuando f se aproxima a 1, son despreciables las economías de escala que pueden obtenerse en los costos por el aumento en la capacidad. Si f fuese 0,5, ello significaría que, al duplicarse la capacidad de producción, las economías de escala harían aumentar el costo de producción en solo 41,42%. Esto resulta de:

$$C_2 = \left(\frac{2}{1}\right)^{0,5} * C_1 = 1{,}4142 * C_1$$

Sin embargo, la gran limitación de este modelo es que no considera que las economías o las deseconomías de escala se producen en forma no lineal ni que, como se expuso en los capítulos anteriores, esto es fácilmente solucionable con el uso de la función condicional **SI** del Excel. También la inversión asociada a una ampliación se puede calcular, con las mismas limitaciones, como un estándar que tiene en cuenta posibles economías lineales de escala. Lo más frecuente en los proyectos es que presenten una característica de desproporcionalidad entre su tamaño y sus costos de funcionamiento e inversiones, lo que hace, por ejemplo, que al duplicarse el tamaño, las inversiones no se dupliquen.

Igual que en el caso de los costos, la inversión (I_t) para un nuevo tamaño (T_t) de planta que opera actualmente en un tamaño menor (T_0), con una inversión histórica valorada en moneda actual (I_0), se calcula por la siguiente expresión, si se conoce el exponente del factor de escala (α).

$$I_t = I_0\left(\frac{T_t}{T_0}\right)^{\alpha} \tag{13.3}$$

Esta ecuación sirve también para calcular la inversión esperada para distintos tamaños de planta en evaluación cuando se conocen tanto la inversión de una opción base como el exponente del factor de escala.

Ejemplo 13.3

Si se evalúan dos posibilidades de tamaños de planta capaces de producir 20.000 y 30.000 unidades anuales, respectivamente, del producto requerido, es posible estimar el valor de la inversión del segundo tamaño de planta si se conocen el del primero ($4.000.000, por ejemplo) y el exponente del factor de escala (que se supondrá de 0,87) de la siguiente forma.

$$I_t = 4.000.000 * \left(\frac{30.000}{20.000}\right)^{0,87}$$

De acuerdo con esto, la inversión para un tamaño que pueda alcanzar una producción de 30.000 unidades sería, estimativamente, de $5.691.928. Es decir, un aumento de 50% en el tamaño demanda invertir 42,3% más.

También puede expresarse la solución con base en la tasa de aumento en el tamaño. Es decir, si aumenta de 20.000 a 30.000 unidades de producción, el crecimiento es de 50%, o sea, aumenta en 1,5 veces. Si a esto se le aplica el exponente de factor de escala, se obtiene:

$$I_t = (1,5)^{0,87} = 1,423$$

Esto indica también que un aumento en el tamaño de 50% conlleva un aumento en la inversión de 42,3%. Obviamente, al ser la aplicación de este factor un estándar, solo puede emplearse en estudios de viabilidad que se hagan a nivel de perfil y en casos muy simples de prefactibilidad.

Un típico costo relevante que se observa en muchos proyectos de ampliación es el relacionado con el costo del mayor almacenamiento de insumos, productos en proceso y productos terminados generados por el aumento en los niveles de operación.

Los gastos vinculados con el almacenamiento pueden clasificarse en cuatro categorías básicas:

1. Los gastos asociados con la explotación de los depósitos (seguridad, mantenimiento, electricidad, etc.).
2. Los gastos relacionados con el mantenimiento de la calidad del producto.
3. Las pérdidas tanto físicas como de calidad del producto mientras esté almacenado.
4. El costo del dinero inmovilizado tanto en la infraestructura del almacenamiento como en los productos mismos.

13.4 Proyectos de abandono

Muchas veces, los cambios en el entorno hacen necesario estudiar la conveniencia de reducir o suprimir la producción de determinados bienes, para sustituir esa inversión por otra que resulte más atractiva para el inversionista. Una forma de modernizarse, la menos típica, es mediante el abandono de todo o parte de aquellas líneas de productos que, aunque hubieran sido rentables en el pasado, en la actualidad podrían haber dejado de serlo.

El análisis de los proyectos de abandono es relativamente similar al tratamiento que se da a los proyectos de ampliación, aunque, obviamente, midiendo el efecto inverso.

En este tipo de proyectos se busca medir si aumenta la rentabilidad de una empresa en marcha tomando la decisión de reducir su nivel de operación. Una variante de este tipo de problemas se refiere a la posibilidad del cierre del negocio, donde el criterio de decisión es cerrar si el costo de hacerlo es menor que el de continuar con las pérdidas proyectadas del negocio, o hacerlo si la rentabilidad que podría obtenerse, invirtiendo los recursos que genere la liquidación del negocio en una propuesta opcional, es mayor que el beneficio proyectado para la continuidad de la operación. Es claro que en una decisión de cierre entran una serie de otros criterios que no solo son de índole económica.

Una de las mayores dificultades de este tipo de proyectos reside en la determinación del valor de liquidación de la inversión que se abandona, aun cuando la teoría financiera presenta diversas opciones para calcular este valor.

Cuando el abandono afecta a una parte de la empresa, la reducción puede involucrar desde una simple reducción de activos hasta el reemplazo de una tecnología actual de mayor capacidad por otra de menor capacidad. En ambos casos, se deberá tener una especial preocupación por el impacto de la decisión sobre el resto de la empresa.

Inversamente a lo señalado para los proyectos de ampliación, los proyectos que se abandonan pueden tener asignados costos con un criterio contablemente adecuado pero que, al momento del cierre, seguirán existiendo en la empresa. Por ejemplo, si en el cálculo del costo de un producto se incluyó una proporción del gasto en contabilidad de la empresa, es claro que, al cerrar esa línea de productos, la empresa, como un todo, no ve disminuido ese gasto o, si lo ve, probablemente no sea en la misma proporción.

En la evaluación se deberá considerar, entonces, solo aquella parte del gasto que será realmente ahorrada por la empresa si opta por el abandono, y, por ningún motivo, el costo de producción contable.

Será muy frecuente que muchos gastos prorrateados entre distintos productos o unidades de una empresa no se vean reducidos por el cierre de una actividad y este solamente obligue a un nuevo prorrateo, probablemente del mismo monto, pero entre un número menor de unidades o productos.

Si el abandono implicase reducir el nivel de compras de un determinado insumo y, por ello, dejar de aprovechar las economías de escala que pudiesen existir, se deberá considerar como costo del proyecto de abandono el mayor costo que el resto de la empresa tendrá que asumir al no poder optar por esa economía de escala en su nuevo nivel de compras.

También, como se mencionó para los proyectos de ampliación, podrá haber, en este caso, algún impacto sobre el nivel de la inversión en capital de trabajo de la empresa, por lo que podría esperarse una recuperación anticipada de los recursos invertidos en el capital de operación actual del proyecto que podría abandonarse.

La empresa maximiza su utilidad cuando logra igualar su costo marginal con el ingreso marginal. Una forma de alcanzar este punto es reduciendo actividades cuyo costo supere a los beneficios marginales que su ejecución conlleve.

Ejemplo 13.4

Una empresa evalúa la conveniencia de abandonar una línea de productos que muestra ingresos anuales inferiores a los costos y sin una tendencia a mejorar observada en el futuro.

El edificio y el terreno donde funciona la máquina son alquilados. La máquina se podría vender hoy en $2.000, o en $1.200 al final de su vida útil real estimada en siete años. Su vida útil remanente contable es de dos años más y tiene un valor libro de $800. Los ingresos anuales son de $3.000, mientras que los costos alcanzan los $3.040 (sin considerar que a esto se debe agregar todavía la depreciación).

El capital de trabajo equivale a un mes de costo de operación, la tasa de impuesto es de 17% y la de costo de capital es de 10%.

Para el cálculo de la rentabilidad de abandonar, se define el siguiente flujo de caja elaborado con base en los antecedentes proporcionados.

Tabla 13.8

	0	1	2	3	4	5	6	7
Venta de activo	$2.000							
Ingresos		–$3.000	–$3.000	–$3.000	–$3.000	–$3.000	–$3.000	–$3.000
Costos		$3.040	$3.040	$3.040	$3.040	$3.040	$3.040	$3.040
Depreciación		$400	$400					
Valor libro	–$800							
Utilidad	$1.200	$440	$440	$40	$40	$40	$40	$40
Impuesto	–$204	–$75	–$75	–$7	–$7	–$7	–$7	–$7
Utilidad neta	$996	$365	$365	$33	$33	$33	$33	$33
Depreciación		–$400	–$400					
Valor libro	$800							
Capital de trabajo	$253							–$253
Flujo	$2.049	–$35	–$35	$33	$33	$33	$33	–$220

Los principales ítems del flujo de caja se interpretan de la siguiente forma, si se abandona la línea de producción:

- El activo se vende hoy en $2.000 en vez de hacerlo en siete años más en $1.200.
- Se deja de percibir el ingreso anual de $3.000.
- Se ahorran los $3.040 de costo anual.
- Deja de aprovecharse el beneficio tributario de la depreciación.
- Se recuperan hoy $253 de capital de trabajo, por lo que en siete años más el valor remanente será inferior en ese monto.

Al calcular el VAN del proyecto, resulta un valor positivo de $1.481, que indica que conviene el cierre de la línea de productos.

13.5 Proyectos de internalización

Los proyectos de internalización, o sea, aquellos que evalúan la conveniencia de hacer internamente algo que es comprado o contratado con terceros, se formulan de manera inversa a los proyectos de *outsourcing*, aunque se evalúan de manera

similar a ellos. Las ventajas señaladas para el *outsourcing* se convierten en desventajas de la internalización, y viceversa.

La importancia de su análisis radica en que, frente a la necesidad de aumentar la productividad de los recursos humanos y materiales de la empresa, se identifican tres opciones:

1. Reducir los costos de funcionamiento mediante la disminución de los recursos existentes, manteniendo el nivel de operación.

2. Aumentar el nivel de actividad disminuyendo las capacidades ociosas sin incrementar los recursos existentes.

3. Aumentar el nivel de actividad por sobre un aumento de costos para cambiar favorablemente la relación.

La forma de mejorar la productividad se puede orientar desde muchas perspectivas distintas: cambios en estructuras y procesos tecnológicos; redefinición de la gestión administrativa y de la administración de operaciones; y cambios en la conducta de los trabajadores mediante la creación de estímulos y motivaciones.

Algunas herramientas y políticas para aumentar la productividad se orientan a evaluar los siguientes elementos: la reducción de inventarios; el mejoramiento del apoyo logístico; la ingeniería de valor (identifica el valor relativo de la contribución de cada componente o etapa de la producción tratando de modificar aquellas de alto costo y poco valor relativo); la disminución de desperdicios por movimientos de material; la excesiva infraestructura de bodegaje; la existencia de equipos ociosos y traslados innecesarios; la reducción de los niveles de pérdidas por sobreproducción (acumulación de inventarios con riesgo de obsolescencia, mantenimiento, seguros y costo de oportunidad del capital); la disminución de desperdicios por corrección de productos (altos inventarios de reposición, costos de inspección y reprocesamiento del producto, y el costo de imagen corporativa y sus efectos futuros); y la reducción de desperdicios por falta de sincronización (tiempos muertos, líneas de proceso en espera con costo de mantenimiento, seguros, energía, almacenamiento excesivo y pago de horas extras).

Un tipo particular y de creciente aplicación entre las formas de aumentar la productividad se refiere al costo de calidad *versus* el costo de no calidad. Mientras que el primero se relaciona con el costo asociado a la elaboración de un producto que cumpla con los estándares de calidad ofrecidos, el segundo se vincula con el costo de incumplir o de hacer las cosas incorrectamente: reprocesamiento de material rechazado, reparaciones, atención de reclamos, menor venta futura por pérdida de imagen, etcétera. En general, este costo se asocia con ineficiencias de carácter que son evitables. Muchas empresas ven, como una opción efectiva para evitar los costos de no calidad, a la internalización de aquellos procesos más críticos en la reducción de calidad y que dependen de terceros.

Cuando la empresa tiene recursos fijos que pueden ser usados en varios productos o actividades, el costo marginal baja al aumentar la producción de otros bienes. Esto es lo que se denomina economías de ámbito, que, a diferencia de las economías de escala, corresponden al decrecimiento de los costos medios por la distribución del costo total entre actividades diversas. Como se mencionó anteriormente, las economías de escala se presentan cuando el costo se puede distribuir entre más unidades de una misma actividad. Un proyecto de internalización que aproveche capacidades disponibles puede generar importantes economías de ámbito, entre otros beneficios que es posible identificar.

Particularidades de este tipo de proyectos son los costos iniciales asociados al aprendizaje de una nueva actividad y los costos indirectos sobre el resto de la empresa, como por ejemplo el aumento de la actividad contable y administrativa en general, la mayor actividad vinculada con los procesos de compras de insumos o con la supervisión del trabajo, y el aumento de otros costos, como los seguros de las nuevas máquinas, el alquiler de depósitos o el costo de capital de un eventual incremento de la inversión en capital de trabajo.

En este tipo de proyectos se observan también características como las explicadas para proyectos de ampliación y de reemplazo; con la diferencia de que, en este caso, generalmente la ampliación de la capacidad productiva de la empresa no está asociada con un incremento en las ventas y, por lo tanto, los ingresos pueden ser considerados como irrelevantes para la decisión, por lo que puede omitirse su inclusión en el flujo de caja del proyecto.

Un proyecto típico de internalización es el que busca determinar la conveniencia de una integración vertical del proceso de producción, abastecimiento, distribución o venta. Los costos y beneficios de cada proyecto de integración variarán de acuerdo con el sector industrial al que pertenezca la empresa. Por ejemplo, si se encuentra en un mercado muy competitivo, es posible que una integración vertical de la producción de insumos sea más atractiva, al controlar el precio, la calidad y la oportunidad de entrega (tiempos de espera) de la materia prima, dejando a la empresa en una posición estratégica de mejor competitividad.

La integración de la producción de insumos presenta beneficios directos por los ahorros de costos de adquisición y de negociaciones de compra, e indirectos por las economías de escala al optimizar el uso de los recursos existentes, especialmente, en el control interno y la coordinación administrativa de los proceso, y al mejorar su poder negociador con proveedores de servicios e insumos comunes, ya que con la integración se incrementan la capacidad y los volúmenes de compras.

Además de los costos directos naturales en un proceso de integración, existen otros, de difícil cuantificación, relacionados con la reducción de incentivos observada en los procesos de negociación de precios y condiciones de compra de los insumos, al ser estos provistos internamente después de la integración vertical. La aplicación de criterios de precios de transferencia en la evaluación del desempeño de las distintas divisiones o centros de responsabilidad de la empresa neutraliza este desincentivo.

Un tipo más particular de evaluación de proyectos de internalización es el que está relacionado con las fusiones de empresas. Se denomina fusión horizontal a la que se realiza dentro de una misma industria y constituye una forma de proyecto de ampliación. La fusión vertical corresponde a la integración de una determinada etapa del proceso de adquisición, producción, distribución y ventas, y constituye una forma de proyecto de internalización.

En la evaluación de una fusión se deberán cuantificar los beneficios que pudieran generarse de una eventual sinergia operativa, donde los aspectos positivos se potencian creando economías de escala, traspasando mayores niveles de eficiencia en algunas áreas, mejorando las capacidades para aprovechar las complementariedades en el marco organizacional, productivo, comercial, de abastecimiento y negociador.

Ejemplo 13.5

Una empresa minera evalúa la posibilidad de realizar internamente el mantenimiento de la maquinaria pesada por la importancia estratégica de dicha labor y por la excesiva dependencia del precio del externo. En el proceso, deberá utilizar tres máquinas con las siguientes características.

Tabla 13.9

Activo	Valor de adquisición ($)	Vida útil (años)	Valor de mercado al final de su vida útil ($)	Años a depreciar
A	$70.000	7	$7.000	5
B	$120.000	10	$20.000	12
C	$80.000	4	$40.000	4

Para funcionar, la empresa deberá ocupar un edificio que tiene un valor libro de $50.000 ($20.000 el terreno y $30.000 la construcción, a la que le quedan 20 años por depreciar). El costo anual directo del mantenimiento se estima en $12.000 para el equipo *A*, $22.000 para el equipo *B* y $18.000 para el equipo *C*.

Los costos fijos de mantenimiento se estiman en $15.000 anuales. Dentro de ellos se incluyen remuneraciones del personal que está trabajando en otras tareas en la empresa ($5.000 anuales) y que no sería sustituido. Si no se hace el mantenimiento internamente, el personal no sería despedido dada su alta especialización.

El mantenimiento externo cuesta actualmente $150.000 anuales.

Si no se hace el mantenimiento interno, el edificio no podrá ser vendido, ya que está en el interior de la empresa minera. Sin embargo, permitiría ser usado por la empresa como bodegas, lo que evitaría una construcción programada del edificio en $60.000 (todas las construcciones se deprecian en 40 años).

Dados los cambios que involucrará en la estructura de costos y la forma de realizar los desembolsos, se estima que el proyecto permitirá reducir la inversión en capital de trabajo en $4.000. La empresa tributa 17% sobre las utilidades.

Siguiendo los mismos pasos de los casos anteriores, se obtiene:

Tabla 13.10

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ahorro de costo		$150.000	$150.000	$150.000	$150.000	$150.000	$150.000	$150.000	$150.000	$150.000	$150.000
Venta de activo					$20.000			$7.000	$20.000		$20.000
Costo directo		–$52.000	–$52.000	–$52.000	–$52.000	–$52.000	–$52.000	–$52.000	–$52.000	–$52.000	–$52.000
Costo fijo		–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000
Depreciación *A*		–$14.000	–$14.000	–$14.000	–$14.000	–$14.000	$0	$0	–$14.000	–$14.000	–$14.000
Depreciación *B*		–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000
Depreciación *C*		–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000
Depreciación de construcción		–$1.500	–$1.500	–$1.500	–$1.500	–$1.500	–$1.500	–$1.500	–$1.500	–$1.500	–$1.500
Valor libro					$0			$0	$0		–$40.000
Utilidad		$42.500	$42.500	$42.500	$62.500	$42.500	$56.500	$63.500	$62.500	$42.500	$22.500
Impuesto		–$7.225	–$7.225	–$7.225	–$10.625	–$7.225	$9.605	–$10.795	–$10.625	–$7.225	–$3.825
Utilidad neta		$35.275	$35.275	$35.275	$51.875	$35.275	$46.895	$52.705	$51.875	$35.275	$18.675
Depreciación *A*		$14.000	$14.000	$14.000	$14.000	$14.000	$0	$0	$14.000	$14.000	$14.000
Depreciación *B*		$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000
Depreciación *C*		$20.000	$20.000	$20.000	$20.000	$20.000	$20.000	$20.000	$20.000	$20.000	$20.000
Depreciación de construcción		$1.500	$1.500	$1.500	$1.500	$1.500	$1.500	$1.500	$1.500	$1.500	$1.500
Valor libro					$0			$0	$0		$40.000
Inversión	–$330.000				–$80.000			–$70.000	–$80.000		–$120.000
Valor de desecho											$213.000
Capital de trabajo	$4.000										–$4.000
Flujo incremental	–$326.000	$80.775	$80.775	$80.775	$17.375	$80.775	$78.395	$14.205	$17.375	$80.775	$193.175

Preguntas y problemas

13.1 Explique la diferencia entre proyectos de inversión y de desinversión en empresas en marcha.

13.2 ¿Cómo se incluye el capital de trabajo en un proyecto de desinversión?

13.3 Explique el concepto de *outsourcing* y enuncie las principales ventajas que se le pueden asignar en la evaluación de proyectos.

13.4 ¿Puede un proyecto de externalización aumentar el riesgo de la empresa al reducir la diversificación de sus inversiones?

13.5 Explique los tres tipos de evaluación de proyectos de *outsourcing*.

13.6 ¿En qué casos puede ser conveniente traspasar a terceros actividades por las cuales se pagará más caro que el costo de hacerlo internamente?

13.7 Desde el punto de vista exclusivamente financiero, ¿puede ser posible que convenga externalizar un servicio que se realiza a costos inferiores al del *outsourcing*?

13.8 ¿Cuáles son las principales desventajas asociadas con un *outsourcing*?

13.9 ¿Qué costos puede asumir una empresa que no hace oportunamente el reemplazo de sus equipos?

13.10 Explique las causas que originan la necesidad de sustituir activos.

13.11 ¿En qué se diferencian la evaluación de un proyecto de reemplazo con cambios en el nivel de actividad y la evaluación de otro que no lo modifica?

13.12 ¿En qué casos es pertinente considerar la inversión en capital de trabajo en un proyecto de sustitución?

13.13 ¿Un proyecto de ampliación siempre afecta al nivel de la inversión en capital de trabajo?

13.14 Explique las diferentes opciones que se pueden identificar para implementar un proyecto de ampliación.

13.15 ¿Cuáles son los principales efectos que un proyecto de ampliación tiene en la construcción de un flujo de caja?

13.16 Explique el concepto de masa crítica técnica y el efecto sobre la evaluación de proyectos.

13.17 Enuncie los tipos de costos incrementales que se asocian con el mayor almacenamiento de insumos, productos en proceso y productos terminados de un proyecto de ampliación.

13.18 Explique el concepto de desinversión.

13.19 Explique el concepto de economías de ámbito y compárelas con las economías de escala.

13.20 Enuncie las particularidades de la estructura de ingresos y egresos de un proyecto de internalización.

13.21 Explique el concepto de ingeniería de valor y su relación con las políticas de aumento de productividad.

13.22 Analice el costo de calidad *versus* el costo de no calidad en los proyectos que buscan incrementar la productividad de la empresa.

13.23 Explique en qué consisten la fusión horizontal y la fusión vertical, y ejemplifique con algunas ideas de proyectos.

13.24 Si una empresa utiliza un factor de volumen de 0,7, ¿en qué porcentaje suben los costos de fabricación por las economías de escala que se producen?

13.25 Determine el factor de volumen si la empresa calcula que, cada vez que instala una nueva sucursal, los costos aumentan 0,8 veces lo que aumenta la cantidad de público atendido.

13.26 ¿Cuál es el monto de la inversión incremental de una empresa que evalúa aumentar su producción de 60.000 a 70.000 unidades mensuales, si el factor de escala es de 0,67 y la inversión para la producción actual fue de $280.000?

13.27 Una empresa evalúa la conveniencia de traspasar a terceros el sistema de mantenimiento de maquinaria pesada que hoy realiza internamente con los siguientes costos.

Ítem	Costo anual ($)
Personal	$12.000
Insumos	$8.000
Repuestos	$36.000

Para hacer el mantenimiento, ocupa un galpón en un terreno a 2 kilómetros de la planta, los que hoy tienen un valor comercial de $350.000 y uno contable de $320.000 ($80.000 el terreno y $240.000 la construcción). El galpón se construyó hace 10 años, cuando se decidió hacer el mantenimiento interno. Además, es ocupado por maquinaria liviana y mobiliario adquiridos en $70.000 hace 10 años y que tienen una vida útil real y contable de 10 años en total. El galpón se deprecia en 30 años.

Si se externaliza, la empresa deberá pagar un desahucio equivalente a ocho meses de sueldo a los trabajadores que dejarían de ser requeridos en el desarrollo del proceso interno.

El valor de desecho de todos los activos se calcula por el método contable. Si la tasa de impuesto es de 17% y la de costo de capital es de 16%, determine qué conviene hacer, si el servicio externo cuesta $138.843 anuales y el proyecto se evalúa en un horizonte de 10 años.

13.28 Una empresa evalúa sustituir un pequeño tractor que, por una correa transportadora, lleva los productos terminados a la bodega de tránsito. Construya el flujo de caja incremental si se conocen los siguientes antecedentes.

a. Tractor:

Valor de adquisición (3 años atrás)	$60.000
Valor de mercado actual	$30.000
Vida útil	5 años más
Valor de mercado final vida útil	$5.000
Costo de operación anual	$25.000
Periodo de depreciación	5 años
Valor libro actual	$80.000

b. Correa transportadora:

Valor de adquisición	$100.000
Vida útil	10 años
Valor de mercado final año 10	$20.000
Costo de operación anual	$18.000
Periodo de depreciación	10 años

La tasa de impuesto a las utilidades es de 17%.

13.29 Una empresa evalúa el cierre de uno de sus locales de venta por considerar que tiene una rentabilidad negativa. Con la siguiente información, construya (con un horizonte de ocho años y suponiendo una tasa de impuesto a las utilidades de 17%) el flujo de caja relevante para tomar la decisión.

Valor salvamento activo momento 0	$12.000
Valor salvamento activo momento 8	$6.000
Valor libro actual	$16.000
Años pendientes por depreciar	4 años
Ingresos anuales	$10.000
Costos de operación anuales	$5.400
Arriendo	$1.200
Capital de trabajo	4 meses costos de operación

13.30 Una empresa minera realiza actualmente el mantenimiento de la maquinaria pesada con recursos internos. En el proceso, utiliza tres activos más una serie de insumos variables y fijos.

En este momento, una de las máquinas debe ser necesariamente reemplazada por no tener posibilidad de una reparación mayor y porque tecnológica y económicamente es ineficiente.

Mientras se evalúa la conveniencia de reemplazar una de las máquinas de mantenimiento, el gerente de la división le pide a usted que a su vez evalúe la conveniencia de externalizar todo el mantenimiento.

El mantenimiento interno ocupa un edificio que tiene un valor libro de $100.000 ($20.000 el terreno y $80.000 la construcción, a la que le quedan 20 años por depreciar). Para realizar sus tareas, utiliza tres máquinas que se deprecian en 10 años y de las que se sabe lo siguiente.

Activo	Valor libro actual ($)	Antigüedad del activo (años)	Vida útil restante (años)	Valor de mercado actual ($)	Valor de mercado al final de su vida útil ($)	Valor de reposición ($)
A	$0	12	0	$600	$600	$10.000
B	$15.000	5	10	$24.000	$3.000	$30.000
C	$16.000	8	4	$15.000	$2.000	$40.000

El costo anual directo del mantenimiento se estima en:

Activo	Costo variable anual ($)
A	$12.000
B	$22.000
C	$18.000

Los costos fijos de mantenimiento ascienden a $10.000 anuales. Dentro de los costos fijos se incluyen las remuneraciones del personal ($5.000 anuales). Si se hace el *outsourcing*, se estima que deberá despedirse parte del personal, con lo que se lograrían ahorros de costos de alrededor de $4.000 anuales. Sin embargo, habría que pagar una indemnización de $3.600 al momento del despido.

El mantenimiento externo, para similar nivel de actividad, se estima en $90.000 anuales.

Si se hace el *outsourcing*, el edificio de mantenimiento no podrá ser vendido, ya que está en el interior de la empresa minera. Sin embargo, permitiría ser usado por la empresa como bodegas, con lo que se evitaría su construcción, cuyo costo se estima en $60.000 de construcción del edificio (todas las construcciones se deprecian en 40 años) y $10.000 en compras de estanterías.

Dados los cambios que involucrará en la estructura de costos y la forma de realizar los desembolsos, se estima que el *outsourcing* permitirá reducir en $4.000 la inversión en capital de trabajo.

La empresa tributa 17% sobre las utilidades.

13.31 La sociedad canadiense HOSDUN se ha estado expandiendo sistemáticamente desde que fue creada en 2004. En este momento está imposibilitada de seguir creciendo y necesita urgentemente un espacio para procesar su nuevo producto Morton. Su plan de expansión ya está casi terminado y a partir de 2011 solamente crecerá instalando otras plantas productoras en sectores geográficos distintos en todo el país, los que serán evaluados como proyectos independientes. Para solucionar su problema, se identificaron dos posibles escenarios:

a. Construir una instalación provisoria de tipo galpón, por un valor de $10.000 que se depreciaría en 20 años, y que tiene una vida útil real también de 20 años.

b. Externalizar el servicio de mantenimiento para aprovechar el espacio en la producción del Morton.

El estudio del mercado proveedor determinó que el costo de externalizar las labores de mantenimiento asciende a $48.000 anuales.

Hoy, la unidad de mantenimiento tiene un costo de operación de $22.000 anuales y ocupa tres máquinas en el proceso: un desengrasador SpotFax, un multiprocesador Alfa modelo TXT-2007 y un equipo de elevación RangoFax.

El desengrasador tiene un valor contable actual de $15.000 y le quedan cinco años por depreciar. El multiprocesador Alfa, por su parte, tiene un valor contable de $18.000 y, según informa el contador de HOSDUN, le quedan todavía nueve años por depreciar. El equipo de elevación RangoFax aparece en la contabilidad con un valor al día de hoy de $6.000 y le restan cuatro años por depreciar.

El estudio técnico entregó una evaluación física del estado de conservación de las máquinas y estimó su vida útil real en los plazos que se indican en la siguiente tabla.

Activo	Vida útil (años)
Desengrasador SpotFax	6
Multiprocesador Alfa	7
Equipo de elevación RangoFax	4

Al final de su vida útil real, el estudio del mercado estimó que podrían venderse en $1.000 el desengrasador SpotFax, en $2.000 el multiprocesador Alfa y en $500 el equipo de elevación RangoFax. Hoy, el desengrasador tiene un valor de mercado de $18.000 y reponerlo costaría $30.000, mientras que el multiprocesador tiene un valor de mercado de $10.000 y reponerlo costaría $25.000, y el equipo de elevación tiene un valor de mercado de $7.000 y reponerlo costaría $12.000.

El desengrasador y el multiprocesador se deprecian en 10 años, mientras que el equipo de elevación lo hace en seis años. La tasa de impuesto es de 17% y la tasa exigida de retorno al capital es de 10%.

Determine la opción más rentable.

13.32 En la evaluación de un proyecto de abandono de un área de negocios, se sabe que los activos se pueden vender hoy en $60.000, que les queda una vida útil de tres años, que tienen un valor libro de $40.000 y les quedan por depreciar cuatro años más. Al reemplazar, deberían reinvertirse $150.000 dentro de tres años, pero la actual maquinaria se vendería en $12.000. La nueva, con siete años de uso, se podría vender en $85.000. Si las máquinas se deprecian en 10 años, indique todos los efectos de esta información en caso de hacer el proyecto de abandono. (Haga el flujo a 10 años y considere un impuesto de 17%).

13.33 Suponga que una empresa adquirió hace dos años una maquinaria capaz de producir 10.000 unidades anuales de un producto, para enfrentar una proyección original de ventas de 9.200 unidades. Sin embargo, no ha logrado posicionarse en el mercado, lo que se ha traducido en que ha alcanzado niveles de ventas que se han consolidado en solo 4.600 unidades por año, con un precio unitario de $54. Los diferentes estudios del mercado indican que será muy difícil superar este nivel en el futuro.

Por esta razón y porque es imposible utilizar la capacidad ociosa de la maquinaria en otro uso alternativo, se ha decidido evaluar la conveniencia de vender este activo y sustituirlo por otro de menor capacidad y con una vida útil de solo cinco años, plazo en que la empresa reevaluará continuar con este producto en el mercado. Los proveedores de maquinaria ofrecen un equipo alternativo que permite producir 4.500 unidades por año, lo que obligaría a reducir las ventas en 100 unidades en caso de aceptarse la sustitución.

El equipo actual se compró en $120.000. Hoy tiene un valor de mercado, como activo usado, de $80.000. Su vida útil restante se estima en ocho años y se proyecta un precio de venta, en cinco años más, de solo $15.000. En estos dos años, no ha sido revalorizado contablemente. El costo de operación observado históricamente está constituido por:

Materiales	$8,2 por unidad
Mano de obra directa	$4,1 por unidad
Costo fijo de fabricación	$20.800 por año

El equipo nuevo tiene un valor de $70.000 y se estima que al final de su vida útil de cinco años podrá ser vendido en $18.000. Se estima también que esta máquina podrá trabajar con costos fijos de fabricación de solo $18.600 anuales, debido al menor gasto en seguros, mantenimiento y otros. No se esperan cambios en los costos variables de producción, ya que se estima que no habrá economías ni deseconomías de escala. Tampoco se considera que la situación podrá impactar a otros costos del resto de la empresa, como los de administración o ventas, ya que este producto es marginal dentro de toda la gama que se elabora actualmente.

Ambos equipos se pueden depreciar contablemente en 10 años, independientemente del tiempo que la empresa desee quedarse con ellos. Los impuestos a las utilidades ascienden a 17%. La empresa mantiene una inversión en capital de trabajo equivalente a cuatro meses de costos variables, y exige aplicar este estándar a todos los proyectos que se evalúan en ella.

Construya el flujo de caja relevante para evaluar el proyecto.

13.34 Determine si conviene externalizar un servicio o continuar haciéndolo internamente. Seguir obliga a efectuar una reparación mayor de una máquina (*A*) por $10.000, monto que se activaría y podría depreciarse en cinco años más, aunque se estima que la empresa, como la ocupa ocasionalmente, la reemplazaría cada ocho años. Si se vendiera hoy, el mercado la valora en $1.000 (está totalmente depreciada). Si la repara, al cabo de ocho años tendría un valor de mercado de $500.

Para hacer la tarea actual, la empresa ocupa una segunda máquina (*B*) que se podría vender hoy en $32.000. Tiene una vida útil real de cuatro años más (fecha en que podría venderse en $10.000), pero el contador informa que su valor libro es de $24.000 y que se puede depreciar en seis años más. Si no se externaliza, deberá reponerse a un costo de $60.000 y se puede depreciar en 10 años. Se sabe que con dos años de uso, este activo tiene un valor en el mercado de $50.000.

Para el nivel de actividad proyectado, se estiman costos totales anuales de $50.000. Si se externaliza, el costo anual sería de $35.000, y deberán pagarse indemnizaciones al personal por $12.000. Considere una tasa de impuesto de 25% y una tasa exigida de retorno al capital de 10%.

Capítulo

14

Estudio de casos

El objetivo de este capítulo es resolver diferentes problemas típicos en el estudio de proyectos, tanto de creación de nuevos negocios como de aquellos específicos vinculados con inversiones o desinversiones en empresas en funcionamiento.

14.1 Caso 1: Creación de una nueva empresa

El proyecto consiste en evaluar la viabilidad de producir y vender un detergente para lavavajillas en la ciudad de El Recurso a partir del año 2011. De acuerdo con lo señalado por el estudio del mercado, la siguiente es la cantidad de lavavajillas vendidos en los últimos años.

Año	Lavavajillas
1991	18.408
1992	18.447
1993	20.667
1994	21.198
1995	22.778
1996	25.276
1997	30.045
1998	33.098
1999	39.848
2000	42.414
2001	47.851
2002	54.599
2003	58.349
2004	62.990
2005	69.344
2006	72.732

Según estimación de los vendedores, 37% de las personas estarían dispuestas a comprar el nuevo detergente. Cada caja (1 litro) de detergente dura en promedio dos meses, y su precio de venta será de $2.000.

El proceso de producción consta de tres etapas: recepción y pesaje; mezclado; envasado. Por cada litro de producto terminado se requieren los siguientes insumos.

Insumo	Cantidad (unidades)	Unidad de medida
Lauriletoxisulfato de sodio al 25%	100,0	Gramos
Glicerina	6,0	Gramos
EDTA	4,0	Gramos
Conservante	0,6	Gramos
Etanol	0,1	Litros
Agua	0,9	Litros
Colorante	0,5	Gramos

De acuerdo con las cotizaciones obtenidas, los costos por unidad producida son los siguientes.

Insumo	Costo unitario ($)	Unidad de medida
Laurilетoxisulfato de sodio al 25%	$5,0	Gramos
Glicerina	$0,2	Gramos
EDTA	$0,8	Gramos
Conservante	$2,0	Gramos
Etanol	$4,5	Litros
Agua	$0,5	Litros
Colorante	$24,0	Gramos

Por sobre 40 toneladas de laurilетoxisulfato de sodio, es conveniente importar directamente el insumo, puesto que su valor se reduce 5%.

Los costos fijos de mano de obra ascienden a $80.000.000 hasta 500.000 unidades. Sobre ese nivel y hasta 600.000, aumenta 20%. Por sobre 600.000, aumenta 15% sobre el valor anterior.

En el proceso, el detergente base recibido del proceso anterior se envasa en botellas de 1 litro. Una unidad de producción de envasado corresponde a un *pallet* con 10 cajas con 10 botellas de 1 litro cada una. Cada unidad de producción de envasado insume dos horas de trabajo y una hora máquina. La mano de obra directa se paga $600 la hora.

El costo en energía por el uso de la maquinaria se estima en $2.000 la hora. El costo de cada botella asciende a $5 y el de cada caja, a $4.

El estudio del proceso y de la tecnología a usar indica que se requerirán las siguientes maquinarias para producir.

Equipos de fábrica	Cantidad (unidades)	Valor unitario ($)	Vida útil (años)
Maquinaria de recepción	1	$24.000.000	12
Equipos de almacenamiento	24	$8.000.000	8
Medidor de volumen	1	$6.000.000	12
Balanzas	2	$4.000.000	4
Equipo de disolución	2	$60.000.000	6
Mezcladora	2	$8.400.000	8
Recipientes	10	$1.800.000	10
Agitador de acero inoxidable	1	$45.000.000	6
Fraccionador	1	$20.000.000	8
Envasadora	1	$48.000.000	8
Embaladora de cajas	1	$15.000.000	8

Al final de su vida útil, se estima que los activos (todo el lote de máquinas iguales) podrán ser vendidos en los siguientes valores.

Equipos de fábrica	Precio de venta ($)
Maquinaria de recepción	$2.000.000
Equipos de almacenamiento	$45.000.000
Medidor de volumen	$0
Balanzas	$1.000.000
Equipo de disolución	$50.000.000
Mezcladora	$5.000.000
Recipientes	$20.000.000
Agitador de acero inoxidable	$20.000.000
Fraccionador	$100.000
Envasadora	$10.000.000
Embaladora de cajas	$3.600.000

Con esta cantidad de activos se pueden producir hasta 500.000 litros. Sobre ese nivel, se deberán comprar un equipo de disolución y un agitador de acero inoxidable.

Para la producción, se requerirá construir un nuevo galpón por un valor de $50.000.000, que se deprecia en 40 años.

Los activos de fábrica se deprecian de acuerdo con la siguiente tabla.

Equipos de fábrica	Años a depreciar
Maquinaria de recepción	10
Equipos de almacenamiento	10
Medidor de volumen	10
Balanzas	5
Equipo de disolución	10
Mezcladora	10
Recipientes	10
Agitador de acero inoxidable	10
Fraccionador	5
Envasadora	10
Embaladora de cajas	10

Los gastos de administración fijos ascienden a $60.000.000 anuales. Los gastos de venta fijos se estiman en $85.000.000 anuales y se contempla una comisión para los vendedores equivalente a 5% sobre los ingresos.

La tasa de impuesto a las utilidades es de 17%.

La empresa sigue un criterio conservador y calcula el valor de desecho por el método contable.

Para el cálculo del capital de trabajo, se estima que el periodo de producción será de 24 días. El 80% de la producción se entregará inmediatamente de elaborada a mayoristas que pagan en promedio a 60 días. El 20% restante se venderá a minoristas que pagan en promedio a 30 días. Se estima que el periodo de comercialización a minoristas es de 20 días.

Se estima, además, que la empresa financiará el proyecto manteniendo la estructura deuda/capital de 40/60. Es decir, 40% de la inversión será financiada con deuda al 10% de interés anual a ocho años plazo y 60% restante se financiará con aportes de capital.

Para estimar el costo de capital propio, se sabe que la tasa libre de riesgo es de 6%, que la tasa de rentabilidad observada en el mercado es de 18% y que el beta del sector es 1,25.

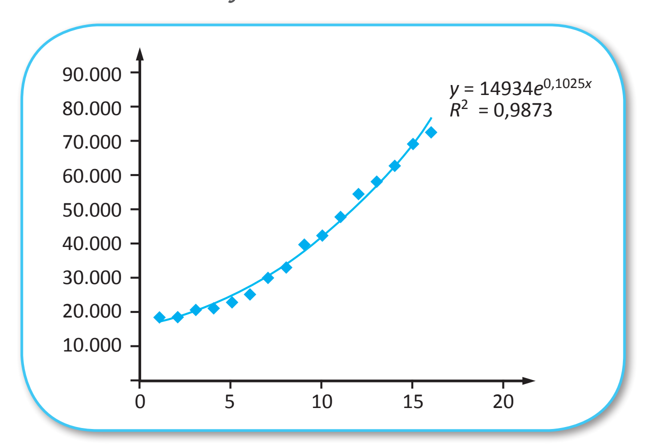
Haga los cálculos y elabore todos los informes que respalden la decisión que recomendaría tomar al inversionista.

Solución

Con los datos históricos conocidos, se encuentra que la función que mejor representa al comportamiento pasado de la demanda de lavavajillas es la exponencial $y = 14934e^{0,1025x}$, tal como se desprende del Gráfico 14.1 proporcionado por el Excel.

Gráfico 14.1

Función de la demanda histórica de lavavajillas



Al aplicar la ecuación a los 10 años siguientes, se obtiene la proyección de ventas de lavavajillas que se muestra en la Tabla 14.1.

Tabla 14.1 ***Proyección del mercado potencial de lavavajillas***

Año	Año (*x*)	Proyección (*y*)
2011	20	116.006
2012	21	128.527
2013	22	142.400
2014	23	157.770
2015	24	174.800
2016	25	193.667
2017	26	214.571
2018	27	237.731
2019	28	263.391
2020	29	291.821

Considerando que 37% de las personas estarían dispuestas a comprar el nuevo detergente y que por cada una se compran 6 litros anuales de detergente, se proyectan las siguientes unidades (litros) que es posible vender a partir del año 2011.

Tabla 14.2 ***Proyección de ventas de detergente del proyecto***

Año	Año (*x*)	Proyección (*y*)	Participación (37%)	Cantidad (unidades)
2011	20	116.006	42.922	257.533
2012	21	128.527	47.555	285.330
2013	22	142.400	52.688	316.128
2014	23	157.770	58.375	350.250
2015	24	174.800	64.676	388.055
2016	25	193.667	71.657	429.941
2017	26	214.571	79.391	476.348
2018	27	237.731	87.961	527.763
2019	28	263.391	97.455	584.729
2020	29	291.821	107.974	647.843

Tabla 14.3 *Costo unitario total por unidad producida*

	Cantidad (unidades)	Unidad de medida	Costo unitario ($)	Hasta 40 toneladas ($)	Sobre 40 toneladas ($)
Laurileltoxisulfato de sodio al 25%	100,0	Gramos	$5,0	$500,0	$475,0
Glicerina	6,0	Gramos	$0,2	$1,2	$1,2
EDTA	4,0	Gramos	$0,8	$3,2	$3,2
Conservante	0,6	Gramos	$2,0	$1,2	$1,2
Etanol	0,1	Litros	$4,5	$0,5	$0,5
Agua	0,9	Litros	$0,5	$0,5	$0,5
Colorante	0,5	Gramos	$24,0	$12,0	$12,0
Costo unitario total				$518,5	$493,5

Considerando que para producir 100 litros se ocupan dos horas de mano de obra para el envasado y que el costo de la hora es de $600, se deduce que el costo por litro asciende a $12. De igual manera, como con una hora máquina se producen 100 litros, gastando $2.000 en energía, su costo unitario alcanza los $12.

La inversión inicial en equipos de fábrica se obtiene del balance de equipos que se muestra en la Tabla 14.4.

Tabla 14.4 *Balance de equipos de fábrica*

	Cantidad	Valor unitario ($)	Costo total ($)	Vida útil (años)
Maquinaria de recepción	1	$24.000.000	$24.000.000	12
Equipos de almacenamiento	24	$8.000.000	$192.000.000	8
Medidor de volumen	1	$6.000.000	$6.000.000	12
Balanzas	2	$4.000.000	$8.000.000	4
Equipo de disolución	2	$60.000.000	$120.000.000	6
Mezcladora	2	$8.400.000	$16.800.000	8
Recipientes	10	$1.800.000	$18.000.000	10
Agitador de acero inoxidable	1	$45.000.000	$45.000.000	6
Fraccionador	1	$20.000.000	$20.000.000	8
Envasadora	1	$48.000.000	$48.000.000	8
Embaladora de cajas	1	$15.000.000	$15.000.000	8
Inversión inicial			$512.800.000	

El calendario de reposición de los equipos, considerando la vida útil real de cada uno, se muestra en la Tabla 14.5.

Tabla 14.5 ***Calendario de reposición***

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Equipos de almacenamiento								$192.000.000		
Balanzas				$8.000.000				$8.000.000		
Equipo de disolución						$120.000.000				
Mezcladora								$16.800.000		
Recipientes										$18.000.000
Agitador de acero inoxidable						$45.000.000				
Fraccionador								$20.000.000		
Envasadora								$48.000.000		
Embaladora de cajas								$15.000.000		
Total				$8.000.000		$165.000.000		$299.800.000		$18.000.000

De acuerdo con la tabla de depreciaciones de cada equipo, se puede determinar la depreciación anual que se resume en la Tabla 14.6.

Tabla 14.6 ***Depreciación de activos de fábrica***

	Costo total ($)	Años a depreciar	Depreciación anual ($)
Maquinaria de recepción	$24.000.000	10	$2.400.000
Equipos de almacenamiento	$192.000.000	10	$19.200.000
Medidor de volumen	$6.000.000	10	$600.000
Balanzas	$8.000.000	5	$1.600.000
Equipo de disolución	$120.000.000	10	$12.000.000
Mezcladora	$16.800.000	10	$1.680.000
Recipientes	$18.000.000	10	$1.800.000
Agitador de acero inoxidable	$45.000.000	10	$4.500.000
Fraccionador	$20.000.000	5	$4.000.000
Envasadora	$48.000.000	10	$4.800.000
Embaladora de cajas	$15.000.000	10	$1.500.000

Considerando el precio de venta y la depreciación acumulada que cada equipo tendrá al momento de ser reemplazado, se calculan el calendario de ingresos por venta de activos durante el horizonte de evaluación del proyecto y el valor contable, o valor libro, que tendrán en el momento de su sustitución. La Tabla 14.7 muestra ambos resultados.

Tabla 14.7 ***Ingresos por venta de activos y valores libros***

Ingresos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Equipos de almacenamiento								$45.000.000		
Balanzas				$1.000.000				$1.000.000		
Equipo de disolución						$50.000.000				
Mezcladora								$5.000.000		
Recipientes										$2.000.000
Agitador de acero inoxidable						$20.000.000				
Fraccionador								$100.000		
Envasadora								$10.000.000		
Embaladora de cajas								$3.600.000		
Total				$1.000.000		$70.000.000		$64.700.000		$2.000.000

Valores libros	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Equipos de almacenamiento								–$38.400.000		
Balanzas				–$1.600.000				–$1.600.000		
Equipo de disolución						–$48.000.000				
Mezcladora								–$3.360.000		
Recipientes										$0
Agitador de acero inoxidable						–$18.000.000				
Fraccionador								$0		
Envasadora								–$9.600.000		
Embaladora de cajas								–$3.000.000		
Total				–$1.600.000		–$66.000.000		–$55.960.000		$0

El flujo de caja resultante se muestra en la Tabla 14.8.

Tabla 14.8 ***Flujo de caja del proyecto***

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos		$515.065.908	$570.660.732	$632.256.312	$700.500.353	$776.110.471	$859.881.741	$952.695.056	$1.055.526.390	$1.169.457.060	$1.295.685.100
Venta de activos					$1.000.000		$70.000.000		$64.700.000		$20.000.000
Materias primas		–$133.530.837	–$147.943.795	–$163.912.449	–$181.604.716	–$201.206.640	–$212.175.820	–$235.077.505	–$260.451.137	–$288.563.530	–$319.710.298
Mano de obra directa		–$3.090.395	–$3.423.964	–$3.793.538	–$4.203.002	–$4.656.663	–$5.159.290	–$5.716.170	–$6.333.158	–$7.016.742	–$7.774.111
Energía		–$5.150.659	–$5.706.607	–$6.322.563	–$7.005.004	–$7.761.105	–$8.598.817	–$9.526.951	–$10.555.264	–$11.694.571	–$12.956.851
Botellas		–$1.287.665	–$1.426.652	–$1.580.641	–$1.751.251	–$1.940.276	–$2.149.704	–$2.381.738	–$2.638.816	–$2.923.643	–$3.239.213
Cajas		–$103.013	–$114.132	–$126.451	–$140.100	–$155.222	–$171.976	–$190.539	–$211.105	–$233.891	–$259.137
Mano de obra fábrica		–$80.000.000	–$80.000.000	–$80.000.000	–$80.000.000	–$80.000.000	–$80.000.000	–$80.000.000	–$96.000.000	–$96.000.000	–$110.400.000
Gastos de administración		–$60.000.000	–$60.000.000	–$60.000.000	–$60.000.000	–$60.000.000	–$60.000.000	–$60.000.000	–$60.000.000	–$60.000.000	–$60.000.000
Gastos de venta fijos		–$85.000.000	–$85.000.000	–$85.000.000	–$85.000.000	–$85.000.000	–$85.000.000	–$85.000.000	–$85.000.000	–$85.000.000	–$85.000.000
Gastos de venta variables		–$25.753.295	–$28.533.037	–$31.612.816	–$35.025.018	–$38.805.524	–$42.994.087	–$47.634.753	–$52.776.319	–$58.472.853	–$64.784.255
Depreciaciones		–$55.330.000	–$55.330.000	–$55.330.000	–$55.330.000	–$55.330.000	–$51.330.000	–$51.330.000	–$51.330.000	–$55.330.000	–$55.330.000
Depreciación ampliación		$0	$0	$0	$0	$0	$0	$0	–$10.500.000	–$10.500.000	–$10.500.000
Valores libros					–$1.600.000		–$66.000.000		–$55.960.000		$0
Utilidad antes de impuestos		$65.820.043	$103.182.545	$144.577.855	$189.841.262	$241.255.042	$316.302.046	$375.837.400	$428.470.590	$493.721.831	$585.731.235
Impuesto		–$11.189.407	–$17.541.033	–$24.578.235	–$32.273.015	–$41.013.357	–$53.771.348	–$63.892.358	–$72.840.000	–$83.932.711	–$99.574.310
Utilidad neta		$54.630.636	$85.641.512	$119.999.619	$157.568.247	$200.241.685	$262.530.698	$311.945.042	$355.630.590	$409.789.119	$486.156.925
Depreciaciones		$55.330.000	$55.330.000	$55.330.000	$55.330.000	$55.330.000	$51.330.000	$51.330.000	$51.330.000	$55.330.000	$55.330.000
Depreciación ampliación		$0	$0	$0	$0	$0	$0	$0	$10.500.000	$10.500.000	$10.500.000
Valores libros					$1.600.000		$66.000.000		$55.960.000		$0
Inversión equipos de fábrica	–$512.800.000										
Inversión galpón	–$50.000.000										
Inversiones de reposición					–$8.000.000		–$165.000.000		–$299.800.000		–$18.000.000
Inversión de ampliación		$0	$0	$0	$0	$0	$0	–$105.000.000	$0	$0	$0
Capital de trabajo	–$88.496.167	–$4.096.029	–$4.538.143	–$5.027.978	–$5.570.684	–$3.757.232	–$6.577.514	–$10.881.994	–$8.074.064	–$12.180.625	$149.200.430
Valor de desecho											$462.240.000
Flujo	–$651.296.167	$105.864.607	$136.433.370	$170.301.641	$200.927.563	$251.814.452	$208.283.184	$247.393.048	$165.546.526	$463.438.495	$1.145.427.355

El costo variable de las materias primas se calculó considerando las economías de escala de 5% sobre 40 toneladas de lauriletoxisulfato de sodio. Para ello, la celda donde se incluye este ítem (suponiendo que la celda C1 contiene la proyección de ventas) debe tener la siguiente función.

=SI(C1<=400000;−C1*518,5;C1*493,5)

Para incluir el efecto del cambio en los costos fijos para las tres escalas de producción, la celda correspondiente debe tener la forma siguiente.

=SI(C1<=500000;−80000000;SI(C1<=600000;−80000000*1,2;−80000000*1,2*1,15))

Para que la hoja Excel calcule automáticamente el momento en que debe hacerse la inversión de ampliación, se debe copiar la siguiente ecuación en la fila de inversión de ampliación (suponiendo que es la número 35).

=SI(D1<500000;0;SI(SUMA(B$35:$C35)<0;0;−105000000)

Para calcular la inversión en capital de trabajo se utilizó el método de desfase. Dado que el periodo de producción se estima en 24 días promedio, que el periodo de comercialización, ponderando los 0 días que demora la entrega a los mayoristas (80% de las ventas) con los 20 días promedio a minoristas (20%), es de cuatro días y que ponderando los 60 días de cobranza para los mayoristas con los 30 días a los minoristas se obtiene un periodo de cobranza de 54 días, el periodo de desfase a financiar con capital de trabajo asciende a 82 días.

El costo anual y diario para el primer periodo se muestra en la Tabla 14.9.

Tabla 14.9 ***Costo anual y costo promedio de producción del año 1***

Materias primas	−$133.530.837
Mano de obra directa	−$3.090.395
Energía	−$5.150.659
Botellas	−$1.287.665
Cajas	−$103.013
Mano de obra fábrica	−$80.000.000
Gastos de administración	−$60.000.000
Gastos de venta fijos	−$85.000.000
Gastos de venta variables	−$25.753.295
Total costos año 1	−$393.915.865
Costo diario	−$1.079.222

Al multiplicar $1.079.222 por los 82 días de desfase, se obtienen los $88.496.167 del monto a invertir en capital de trabajo al inicio del proyecto. En los periodos siguientes, esta inversión se incrementa en el equivalente a 82/365 del incremento en los costos anuales.

El valor remanente de la inversión (o valor de desecho) se calculó por el método contable, por lo que el capital de trabajo invertido en todos los años anteriores debe incorporarse con signo positivo al final del horizonte de evaluación, ya que es un activo más.

Para arribar al costo de capital, se calcula el *Ke* reemplazando la fórmula con los valores entregados, con lo cual se obtiene lo siguiente.

$$Ke = 6\% + (18\% - 6\%) * 1{,}25 = 21\%$$

Considerando que 40% del financiamiento se obtiene a través de deuda al 10% de interés y que la tasa de impuesto es de 17%, el costo promedio ponderado de capital, si la estructura deuda/capital permaneciera constante para cuando el proyecto se transforme en una empresa, sería de:

$$0{,}4 * 0{,}1 * (0{,}83) + 0{,}6 * 0{,}21 = 15{,}92\%$$

El VAN del flujo del proyecto es de $491.121.838 y la TIR es de 28,21%.

Para calcular la rentabilidad de los recursos propios, se incluyen con signo negativo en el flujo del proyecto los intereses (antes de impuestos) y la devolución del préstamo (después de impuestos). El préstamo se agrega en la columna 0 con signo positivo. Los valores se obtienen de la tabla de amortización del préstamo, considerando 40% de la inversión, un plazo de ocho años y una tasa de 10% como la de la Tabla 14.10.

Tabla 14.10 ***Amortización del préstamo***

Saldo deuda ($)	Cuota ($)	Interés ($)	Amortización ($)
$260.518.467	$48.832.628	−$26.051.847	−$22.780.781
$237.737.686	$48.832.628	−$23.773.769	−$25.058.860
$212.678.826	$48.832.628	−$21.267.883	−$27.564.746
$185.114.081	$48.832.628	−$18.511.408	−$30.321.220
$154.792.860	$48.832.628	−$15.479.286	−$33.353.342
$121.439.518	$48.832.628	−$12.143.952	−$36.688.676
$84.750.842	$48.832.628	−$8.475.084	−$40.357.544
$44.393.298	$48.832.628	−$4.439.330	−$44.393.298

Con estos datos, la TIR del inversionista es de 32,47%.

14.2 Caso 2: Outsourcing de actividades de mantenimiento

Una empresa del sector minero está estudiando la posibilidad de entregar a contratistas externos la responsabilidad de ejecutar las actividades que realiza su planta de mantenimiento de maquinarias, por estimar que el servicio provisto internamente podría tener un costo mayor que el de la externalización.

La planta utiliza actualmente una infraestructura cuyo costo de construcción fue de $20.000.000 hace seis años, la que se deprecia linealmente en 20 años y tiene hoy un valor contable o libro de $16.000.000[1].

Las máquinas empleadas en el mantenimiento se adquirieron también hace seis años, por un valor total de $18.000.000. Entre ellas, hay una cuyo costo fue de $6.000.000 (que se podría vender hoy en $2.000.000 y que tiene un valor libro de $3.200.000), que deberá ser reemplazada este mes, en caso de que se continúe con el mantenimiento interno, por otra similar que tiene un valor de mercado de $8.000.000. Esta última tendrá un valor de venta estimado de $400.000 al cabo de los ocho años de uso. El resto de las máquinas tiene una vida útil real de ocho años más, al cabo de los cuales se estima posible venderlas, como material de desecho, en $1.000.000. Todas las máquinas se deprecian linealmente en 10 años.

Si se externaliza el servicio, el resto de las máquinas podrá venderse hoy en $8.000.000. El valor libro de todas ellas es de $6.400.000.

El mantenimiento interno tiene un costo de operación anual de $10.500.000, que se descompone en:

Mano de obra	$3.000.000
Insumos directos varios	$2.000.000
Energía	$1.200.000
Seguros de máquinas	$900.000
Gastos de vigilancia (asignados)	$600.000
Gastos generales asignados	$1.000.000
Seguros de galpón	$1.200.000
Mantenimiento de galpón	$800.000

Los gastos asignados corresponden a gastos generales de la administración de la mina prorrateados por centros de costos. Se estima que, al externalizar el servicio de la empresa, esta podrá reducir los gastos generales asignados en $600.000, pero no podrá reducir los gastos de vigilancia. Los seguros de las máquinas se pagan sobre el valor de compra y dejan de pagarse al venderse el activo. Su costo se determina como un factor proporcional al valor de adquisición de cada una de las máquinas.

1 El valor libro superior a los 14/20 del valor de adquisición se puede explicar por alguna revalorización del activo en el pasado. Este supuesto se hace para otros activos en este mismo caso.

La externalización obligará a despedir personal, lo que hará incurrir a la empresa en un costo de desahucio (indemnización) de $6.000.000.

El galpón no podrá ser vendido, por encontrarse en el interior de la planta. Sin embargo, permitirá a la empresa instalar ahí las nuevas máquinas adquiridas para la ampliación de su planta de trituradora de minerales, con lo que se evitará construir una instalación especial por un costo estimado de $24.000.000. Para ambas construcciones, se estima una vida útil perpetua si se hace regularmente el mantenimiento programado. Por esto y por no ser posible venderlas al estar en el interior de la planta, se considera que las propiedades mantienen su valor en el tiempo. La empresa mantiene una inversión en capital de trabajo equivalente a dos meses de egresos, excluidos impuestos.

El servicio externo tiene un costo, en igual nivel de operación que el actual, de $7.800.000 anuales. Si la tasa de impuesto es de 15% y la tasa de costo de capital es de 12%, determine qué opción es mejor.

Solución

La solución de este problema puede lograrse, alternativamente, por la comparación de la situación base respecto de la situación con proyecto o mediante la aplicación del método incremental. A continuación, se resuelve el problema aplicando ambas opciones.

La opción de comparar la situación base respecto de la situación con proyecto se resuelve construyendo dos flujos de caja: uno para cada situación. A continuación, se explica cada ítem de ingreso y egreso incluido en el flujo de caja de la situación base o sin proyecto.

Se excluye, al igual que se hará en la situación con proyecto, el efecto de la venta de la máquina que debe ser reemplazada en el mes en curso, por cuanto cualquiera que sea la decisión que se tome, esa venta deberá efectuarse. Si bien hay otros ítems de costos irrelevantes en este caso, se incluirán en el flujo para demostrar que pueden incorporarse en las dos opciones u omitirse en ambas.

La construcción de los flujos de caja se basa en los mismos cinco pasos ya indicados en la Figura 8.1.

a. Situación base frente a situación con proyecto

Si se continúa en la situación actual, la máquina que hoy tiene seis años de antigüedad podrá ser vendida, en ocho años más, en $1.000.000[2].

Para continuar con el mantenimiento interno, la empresa deberá comprar una nueva máquina hoy, la que en ocho años más podrá ser vendida en un precio de $400.000.

Como no se entrega información que así lo indique, se supondrá que ningún costo variará en el tiempo. Debido a que el seguro de las máquinas corresponde a un porcentaje del valor de los activos, se deduce que si hasta hoy su costo anual ha sido de $900.000 y si el valor de los activos comprados fue de $18.000.000, el costo del seguro corresponde a 5% del valor de los activos. Si una de las máquinas que costó $6.000.000 debe reemplazarse por otra cuyo valor es de $8.000.000, el monto del seguro debe aumentar proporcionalmente, por lo que deberá registrarse $1.000.000 en el flujo de caja. Si el mantenimiento continúa haciéndose internamente, la empresa deberá construir un nuevo galpón, que también deberá ser asegurado. Si por el galpón que costó $20.000.000 se paga un seguro de $1.200.000, por uno de $24.000.000 se deberá pagar $1.440.000.

Con el mismo criterio, se supone que el mantenimiento del nuevo galpón tendrá un costo proporcional al que hoy se observa en el galpón antiguo. Si este tiene un valor de $20.000.000 y el costo de mantenimiento anual es de $800.000, se deduce que este corresponde a 4% de su valor. Al aplicar este porcentaje al nuevo equipo, resulta un monto de $960.000 anuales.

Como la máquina que se reemplaza deja de depreciarse, se deberá incluir en el flujo la depreciación de la máquina nueva, que, como costaría $8.000.000 y se deprecia en 10 años, corresponde a $800.000 anuales, más la del equipo antiguo que continúa en la empresa. Si su valor libro es de $6.400.000[3], si lleva seis años depreciándose y tiene un periodo de depreciación de 10 años, en cada uno de los cuatro años restantes se depreciará en $1.600.000.

El galpón nuevo se podrá depreciar en el plazo de 20 años a razón de $1.200.000 anuales, mientras que el galpón actual, como tiene un valor libro de $16.000.000 y seis años de depreciación, se supone que en cada uno de los 14 años restantes depreciará 1/14 de este valor. Esto es, $1.142.857.

2 Cuando un activo se vende, se debe anotar antes de impuestos como venta de activo. Cuando al final del periodo de evaluación el activo no es vendido, debe valorarse como parte de los beneficios para expresar la propiedad que tendrá la empresa sobre él, incluyéndolo en el valor de desecho del proyecto.

3 Como se explicó en los capítulos anteriores, el valor libro actual es distinto del que se obtiene de calcularlo con base en el valor de adquisición histórico, por cuanto debe corregirse por toda revalorización que haya sido cargada en los años anteriores, ya sea por haber tenido mejoras o por efecto de la corrección monetaria.

La venta del equipo que se compraría tendrá un valor libro de $1.600.000 en ocho años más, correspondiente a los dos años que le faltarían por depreciar.

En la columna 0, se anota el valor de la nueva máquina que deberá ser comprada para mantener la capacidad de servir internamente al mantenimiento y la inversión en un galpón nuevo (al no liberarse el galpón actual, la empresa se verá obligada a invertir $24.000.000 en construir uno nuevo).

El cálculo del valor de desecho de ambos galpones se basó en la consideración de que, con un adecuado mantenimiento, las construcciones tendrían una vida útil perpetua y, dado que se incluyó un costo por este concepto en el flujo de caja, se supondrá que ambos galpones mantienen su valor equivalente al que se invirtió en ellos[4].

En cuanto a la recuperación del capital de trabajo, se calculó como 1/6 del costo anual desembolsable (equivalente a los dos meses de costo de funcionamiento indicados). No se incluye una inversión en capital de trabajo, debido a que la empresa ya cuenta con ella.

La Tabla 14.11 muestra el flujo de caja de la situación base. Por estar los flujos de caja elaborados con base en costos relevantes (se excluyen los ingresos operacionales por ser idénticos en las opciones de hacer o no el proyecto), su evaluación se hace calculando el valor actual de los costos (VAC, como ya se mencionó en los Capítulos 10 y 12) de acuerdo con los criterios tradicionales de actualización de los flujos de caja o aplicando el procedimiento simplificado de cualquier hoja de cálculo computacional[5]. El valor resultante es negativo en $65.431.000.

Este valor deberá compararse con el costo actualizado de la opción de externalizar, para determinar cuál de las dos es la más conveniente.

4 No se asigna valor de desecho a las máquinas, por cuanto se venden al final del octavo año.

5 En una planilla Excel se usa el comando **Función**, se selecciona **Financieras** en la **Categoría de la función** y se elige VNA en el **Nombre de la función**. En el cuadro VNA se escribe: 10% en la casilla correspondiente a **Tasa**, se tabula para ir a **Valor 1** y se selecciona el rango de valores finales del flujo que va del primer año al octavo y se marca la opción **Aceptar**. Al valor resultante se le debe restar la inversión inicial, que, al estar con signo negativo, en este caso se suma para que mantenga el signo.

Tabla 14.11 ***Flujo de caja sin* outsourcing *(en miles de pesos)***

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Venta máquina antigua									$1.000
Venta máquina nueva									$400
Mano de obra		–$3.000	–$3.000	–$3.000	–$3.000	–$3.000	–$3.000	–$3.000	–$3.000
Insumos directos varios		–$2.000	–$2.000	–$2.000	–$2.000	–$2.000	–$2.000	–$2.000	–$2.000
Energía		–$1.200	–$1.200	–$1.200	–$1.200	–$1.200	–$1.200	–$1.200	–$1.200
Seguro máquinas		–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000
Gastos vigilancia		–$600	–$600	–$600	–$600	–$600	–$600	–$600	–$600
Gastos asignados		–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000
Seguro galpón actual		–$1.200	–$1.200	–$1.200	–$1.200	–$1.200	–$1.200	–$1.200	–$1.200
Seguro galpón nuevo		–$1.440	–$1.440	–$1.440	–$1.440	–$1.440	–$1.440	–$1.440	–$1.440
Mantenimiento galpón actual		–$800	–$800	–$800	–$800	–$800	–$800	–$800	–$800
Mantenimiento galpón nuevo		–$960	–$960	–$960	–$960	–$960	–$960	–$960	–$960
Depreciación máquina antigua		–$1.600	–$1.600	–$1.600	–$1.600				
Depreciación máquina nueva		–$800	–$800	–$800	–$800	–$800	–$800	–$800	–$800
Depreciación galpón nuevo		–$1.200	–$1.200	–$1.200	–$1.200	–$1.200	–$1.200	–$1.200	–$1.200
Depreciación galpón actual		–$1.143	–$1.143	–$1.143	–$1.143	–$1.143	–$1.143	–$1.143	–$1.143
Valor libro									–$1.600
Utilidad antes de impuestos		–$17.943	–$17.943	–$17.943	–$17.943	–$16.343	–$16.343	–$16.343	–$16.543
Impuesto		$2.691	$2.691	$2.691	$2.691	$2.451	$2.451	$2.451	$2.481
Utilidad neta		–$15.251	–$15.251	–$15.251	–$15.251	–$13.891	–$13.891	–$13.891	–$14.061
Depreciación máquina antigua		$1.600	$1.600	$1.600	$1.600				
Depreciación máquina nueva		$800	$800	$800	$800	$800	$800	$800	$800
Depreciación galpón nuevo		$1.200	$1.200	$1.200	$1.200	$1.200	$1.200	$1.200	$1.200
Depreciación galpón actual		$1.143	$1.143	$1.143	$1.143	$1.143	$1.143	$1.143	$1.143
Valor libro									$1.600
Inversión máquina	–$8.000								
Inversión galpón nuevo	–$24.000								
Valor de desecho galpón actual									$20.000
Valor de desecho galpón nuevo									$24.000
Recuperación capital de trabajo									$2.200
Flujo	–$32.000	–$10.509	–$10.509	–$10.509	–$10.509	–$10.749	–$10.749	–$10.749	$36.881

Para determinar el VAC de la situación con proyecto, es decir, de la opción del *outsourcing*, se tomaron las siguientes consideraciones.

Al externalizar el servicio, todas las máquinas quedan liberadas, por lo que se incluye su valor de venta al momento 0. Como en el flujo anterior no se consideró la venta de la máquina que debe ser reemplazada, tampoco se debe incluir en este caso, por ser irrelevante para la decisión. El resto de las máquinas tiene un valor comercial de $8.000.000, monto que debe ser incluido como un ingreso en el momento 0.

En esta opción se incluye el costo del servicio externo ($7.800.000) y se mantiene el valor de $600.000 de los gastos de vigilancia por ser inevitables (pudo eliminarse de ambos flujos por ser irrelevantes). Por otra parte, se calcula la diferencia entre el costo asignado en la situación base y los $600.000 de ahorro de costos posible de lograr con la externalización.

Respecto del costo de seguro y mantenimiento del galpón actual, la empresa mantendría el mismo costo anual, aunque sea destinado a otros fines. También se incluyen los $6.000.000 que deberá pagar la empresa por concepto de indemnizaciones al reducir personal de su planta.

Al continuar con el galpón actual, la empresa seguirá depreciando el mismo monto de $1.142.857 calculado para la situación base.

En cuanto al valor libro de las máquinas, para calcular la utilidad del activo vendido, se restó el costo contable o valor libro proyectado al momento de su venta. Esto es, a $6.400.000.

Respecto del valor de desecho del galpón actual, y como mantiene a perpetuidad su valor, se considera igual a los $20.000.000 de su inversión.

Al calcular la inversión en capital de trabajo como el equivalente a dos meses de costo y al reducirse en esta opción los costos de funcionamiento en $2.400.000 anuales, la empresa recuperaría anticipadamente $400.000. Por lo tanto, al final del periodo de evaluación habría un capital de trabajo por recuperar de solo $1.800.000.

Al igual que en el caso anterior, se debe calcular el VAC de esta opción para compararlo con el calculado en la situación base. Al aplicar los criterios tradicionales, se obtiene un resultado negativo de $32.883.000. Al comparar ambos VAC, se deduce que externalizar es más barato, en moneda de hoy, en $32.542.000.

La Tabla 14.12 muestra el flujo de caja que se tendría si se optara por el *outsourcing*.

Tabla 14.12 ***Flujo de caja con* outsourcing *(en miles de pesos)***

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Venta máquinas	$8.000								
Servicio externo		–$7.800	–$7.800	–$7.800	–$7.800	–$7.800	–$7.800	–$7.800	–$7.800
Gastos vigilancia		–$600	–$600	–$600	–$600	–$600	–$600	–$600	–$600
Gastos asignados		–$400	–$400	–$400	–$400	–$400	–$400	–$400	–$400
Seguro galpón actual		–$1.200	–$1.200	–$1.200	–$1.200	–$1.200	–$1.200	–$1.200	–$1.200
Mantenimiento galpón actual		–$800	–$800	–$800	–$800	–$800	–$800	–$800	–$800
Desahucio	–$6.000								
Depreciación galpón actual		–$1.143	–$1.143	–$1.143	–$1.143	–$1.143	–$1.143	–$1.143	–$1.143
Valor libro máquinas	–$6.400								
Utilidad antes de impuestos	–$4.400	–$11.943	–$11.943	–$11.943	–$11.943	–$11.943	–$11.943	–$11.943	–$11.943
Impuesto	$660	$1.791	$1.791	$1.791	$1.791	$1.791	$1.791	$1.791	$1.791
Utilidad neta	–$3.740	–$10.151	–$10.151	–$10.151	–$10.151	–$10.151	–$10.151	–$10.151	–$10.151
Depreciación galpón actual		$1.143	$1.143	$1.143	$1.143	$1.143	$1.143	$1.143	$1.143
Valor libro máquinas	$6.400								
Valor de desecho galpón actual									$20.000
Recuperación capital de trabajo	$400								$1.800
Flujo	$3.060	–$9.009	–$9.009	–$9.009	–$9.009	–$9.009	–$9.009	–$9.009	$12.791

b. Análisis incremental

Una forma opcional de evaluar este proyecto consiste en aplicar el modelo del análisis incremental. Es decir, definir el cambio que el proyecto introducirá en la situación actual.

Si se hace el *outsourcing*, la empresa podrá vender hoy en $8.000.000 la máquina que emplea en el proceso, pero dejará de percibir $1.000.000 al final del octavo año, como estaba presupuestado. Por otra parte, como no necesitará invertir en una máquina que reemplace a la que terminó su vida útil, se pierde la oportunidad de venderla en $400.000 al final del periodo de evaluación.

Al externalizar, aumenta el costo en $7.800.000, pero se ahorra los costos en que incurre actualmente. Sin embargo, tendrá que enfrentar un mayor costo de $6.000.000 por las indemnizaciones correspondientes a la reducción de personal.

Al dejar de comprar los activos que se hacen innecesarios con el *outsourcing*, la empresa deja de depreciarlos, por lo que, incrementalmente, este ítem debe aparecer con signo positivo.

La inversión programada en renovar la máquina y en comprar un nuevo galpón se evita al externalizar, lo que se incluye como un ahorro de inversión. Si bien la empresa se ahorra la inversión en un nuevo galpón, también deja de tenerlo al final del periodo de evaluación, lo que debe registrarse como un menor valor de desecho al final del octavo año.

Como la empresa tiene hoy un capital de trabajo de $2.200.000 y la externalización le permite recuperar hoy $400.000 de esa inversión, al final del periodo de evaluación debe reconocerse la disminución en el valor programado. En otras palabras, el proyecto posibilita adelantar la recuperación de parte del capital de trabajo.

La Tabla 14.13 muestra el flujo incremental sobre el que se calcula el VAN incremental que, necesariamente, coincide con la diferencia entre los dos VAC previamente calculados en $35.542.000 de las opciones en análisis.

Tabla 14.13 ***Flujo incremental (en miles de pesos)***

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Venta máquina antigua	$8.000								–$1.000
Venta máquina nueva									–$400
Servicio externo		–$7.800	–$7.800	–$7.800	–$7.800	–$7.800	–$7.800	–$7.800	–$7.800
Mano de obra		$3.000	$3.000	$3.000	$3.000	$3.000	$3.000	$3.000	$3.000
Insumos directos varios		$2.000	$2.000	$2.000	$2.000	$2.000	$2.000	$2.000	$2.000
Energía		$1.200	$1.200	$1.200	$1.200	$1.200	$1.200	$1.200	$1.200
Seguro máquinas		$1.000	$1.000	$1.000	$1.000	$1.000	$1.000	$1.000	$1.000
Gastos asignados		$600	$600	$600	$600	$600	$600	$600	$600
Seguro galpón nuevo		$1.440	$1.440	$1.440	$1.440	$1.440	$1.440	$1.440	$1.440
Mantenimiento galpón nuevo		$960	$960	$960	$960	$960	$960	$960	$960
Desahucio	–$6.000								
Depreciación máquina antigua		$1.600	$1.600	$1.600	$1.600				
Depreciación máquina nueva		$800	$800	$800	$800	$800	$800	$800	$800
Depreciación galpón nuevo		$1.200	$1.200	$1.200	$1.200	$1.200	$1.200	$1.200	$1.200
Valor libro máquinas	–$6.400								$1.600
Utilidad antes de impuestos	–$4.400	$6.000	$6.000	$6.000	$6.000	$4.400	$4.400	$4.400	$4.600
Impuesto	$660	–$900	–$900	–$900	–$900	–$660	–$660	–$660	–$690
Utilidad neta	–$3.740	$5.100	$5.100	$5.100	$5.100	$3.740	$3.740	$3.740	$3.910
Depreciación máquina antigua		–$1.600	–$1.600	–$1.600	–$1.600				
Depreciación máquina nueva		–$800	–$800	–$800	–$800	–$800	–$800	–$800	–$800
Depreciación galpón nuevo		–$1.200	–$1.200	–$1.200	–$1.200	–$1.200	–$1.200	–$1.200	–$1.200
Valor libro máquinas	$6.400								–$1.600
Ahorro inversión máquina	$8.000								
Ahorro inversión galpón nuevo	$24.000								
Valor de desecho galpón nuevo									–$24.000
Recuperación capital de trabajo	$400								–$400
Flujo	$35.060	$1.500	$1.500	$1.500	$1.500	$1.740	$1.740	$1.740	–$24.090

14.3 Caso 3: Reemplazo de sistema de evacuación de residuos

En los últimos años, el nivel de las lluvias durante los meses de otoño e invierno (tradicionalmente lluviosos) ha sido notoriamente deficitario con respecto a los niveles históricos, lo cual ha provocado serios trastornos en todas las actividades que dependen de este recurso, como son, por ejemplo, la agricultura, la ganadería y la generación de energía. Esto ha obligado a buscar soluciones que permitan asegurar un suministro estable de electricidad para el desarrollo de la actividad económica y el consumo público. Una de estas soluciones la constituyen las centrales termoeléctricas, las que, si bien no resuelven definitivamente el problema por su limitada capacidad generadora, sí dan respaldo al sistema.

Sin embargo, estas centrales presentan algunos problemas que requieren un análisis técnico y económico para su solución. Tal es el caso que se presenta en la Central Termoeléctrica Quillay, donde se debe evaluar el mejor sistema de evacuación de sus residuos.

En la actualidad, la caldera de la Central Termoeléctrica Quillay deja como residuos no utilizables económicamente escorias y cenizas que equivalen aproximadamente a 20% del peso total del carbón quemado. En un año de actividad intensiva de la Central, como en periodos de sequía, se pueden quemar cerca de 300.000 toneladas de carbón, lo que significa una producción de 60.000 toneladas de cenizas y escorias, equivalentes a un volumen de 50.000 metros cúbicos en total, a los que debe darse alguna ubicación definitiva.

Actualmente, estos residuos son llevados hasta una cancha de acopio provisoria, distante unos 200 metros, vía transporte hidráulico por tuberías. Esta cancha provisoria tiene una capacidad máxima de 100.000 metros cúbicos, por lo cual el material debe ser retirado de ella cada año y llevado en camiones hasta otra cancha de acopio definitiva que se encuentra a 2,5 kilómetros, tarea para la que deben utilizarse caminos en precarias condiciones.

La cancha de acopio definitiva está a unos 900 metros en línea recta de la Central, pero separada de esta por un cerro de 35 metros de altura. Una opción propuesta es construir un sistema de tubería para que, por el mismo sistema hidráulico, la escoria sea evacuada directamente desde la Central hasta la cancha de acopio definitiva.

Las inversiones para llevar a cabo esta opción son las siguientes.

Estudios técnicos para el montaje	$1.000.000
Equipos (bomba, tuberías, válvulas, etc.)	$25.000.000
Montaje	$12.000.000

La inversión se activa contablemente, para fines de depreciación, al equivalente de su valor total instalado.

Los costos de mantenimiento anuales de la válvula y la bomba se estiman en $600.000, en tanto que el gasto de operación anual lo constituye básicamente el consumo anual de energía eléctrica de la bomba, estimado en $85 por metro cúbico de residuo transportado.

Los equipos en uso se encuentran totalmente depreciados. No existe otro gasto adicional para la Central por la operación del sistema. Por otra parte, con base en observaciones de mercado, se ha estimado que los nuevos equipos podrían tener un valor de salvamento de $2.000.000 al final del periodo de 10 años de evaluación del proyecto, aunque no serán vendidos por tener una vida útil real de muy largo plazo.

En cuanto a los costos inherentes a la situación actual de la Central, relacionados con el transporte de las cenizas y la escoria, estos consisten en gastos de mantenimiento que corresponden a las necesarias reparaciones anuales del tramo de 200 metros de tuberías viejas del transporte hidráulico existente entre la Central y la cancha provisoria, y a gastos por el mantenimiento de esta última, que ascienden en total a $15 por metro cúbico de material transportado. El costo de la energía utilizada en sacar los residuos de la caldera y transportarlos 200 metros hasta la cancha transitoria es equivalente al costo en que se incurriría por extraer estos residuos de la caldera y ponerlos en la tubería que se pretende instalar para su traslado a la cancha definitiva.

En la situación base están los gastos de operación correspondientes a un costo por metro cúbico de carga y transporte por camiones de la escoria hasta la cancha definitiva, el que alcanza un costo aproximado de $212 por metro cúbico transportado. En la actualidad, la cancha de acopio provisoria tiene un valor comercial de $35.000.000 y un valor contable (valor en libros) de $18.000.000. De llevarse a cabo el proyecto de inversión, esta cancha provisoria podría ser vendida a su valor de mercado.

Por la abundancia y el bajo costo del carbón utilizado en la generación de energía –principal insumo del proyecto–, se considera que esta no es una variable de riesgo relevante. Pero existe la posibilidad de que, al reducirse su nivel de actividad, varíen las estimaciones de volúmenes de cenizas y escorias residuales para transportar, con el consiguiente efecto sobre la rentabilidad del proyecto.

Finalmente, se tienen antecedentes de que la depreciación contable de los activos involucrados susceptibles de ser depreciados se realiza a una tasa de 10% anual, en tanto que la tasa de impuesto a las utilidades es de 15% anual. La tasa de descuento inherente al proyecto se ha calculado en 10%, en consideración del sector industrial al que pertenece la empresa.

Con la información anterior, busque determinar el volumen mínimo de cenizas y escorias residuales necesarias de transportar para que sea conveniente realizar el proyecto.

Solución

Este problema se resolverá mediante la construcción solo del flujo de caja incremental, para facilitar la búsqueda del volumen de operación que haga indiferente al transporte de las cenizas por camiones o empleando la opción de la tubería.

El punto de indiferencia se produce cuando la cantidad a transportar hace iguales a los VAC de ambas alternativas o, lo que es lo mismo, la que hace a la diferencia entre ambos VAC igual a 0.

Al optar por la tubería, la cancha de acopio transitoria se libera, por lo que podría venderse en el momento 0 en $35.000.000. Se incluye su valor libro para determinar la utilidad en su venta con la finalidad de considerar su efecto tributario.

Por otra parte, se produce un ahorro de flete equivalente a $212 por cada uno de los 50.000 metros cúbicos a transportar, lo que da un total de $10.600.000 anuales, más el ahorro de $750.000 correspondientes a los $15 por cada metro cúbico transportado con la tubería actual hasta la cancha de acopio transitoria. Sin embargo, deben considerarse el mayor costo variable de $85 por metro cúbico de la energía que se usará en transportarla hasta la cancha de acopio definitiva y el mayor costo fijo de $600.000 anuales para el mantenimiento de la nueva bomba.

La inversión considera los $38.000.000 que deberán gastarse en tener la tubería instalada.

Si se vende el terreno, la empresa pierde una propiedad. El proyecto, por lo tanto, no puede atribuirse el beneficio del ingreso generado por su venta, pero sí el que se asocia con la posibilidad de usar anticipadamente los recursos liberados en la venta de ese terreno. Por lo tanto, se anota el mayor ingreso por venta en el momento 0 y el menor valor del activo que la empresa hubiera exhibido como propio al final del periodo de evaluación. Por otra parte, la nueva tubería tendría un valor de desecho positivo, por cuanto, al hacer el reemplazo, la empresa sería dueña de un nuevo activo, aunque usado, al final del décimo año. El valor de desecho total se calcula como sigue.

	Terreno ($)	Tubería ($)	Total ($)
Valor activo	$35.000.000	$2.000.000	$37.000
Valor libro	–$18.000.000	–$0	–$10.000
Utilidad	$17.000.000	$2.000.000	$19.000
Impuesto	–$2.550.000	–$300.000	–$2.850.000
Utilidad neta	$14.450.000	$1.700.000	$16.150.000
Valor libro	$18.000.000	$0	$18.000.000
Valor de desecho	$32.450.000	$1.700.00	$34.150.000

Por lo tanto, al hacer el proyecto se tendría un mayor valor de desecho de $1.700.000 por la tubería, pero se dejaría de tener el valor de desecho de $32.450.000 por haberse vendido el terreno. El efecto neto es, entonces, negativo en $30.750.000.

La Tabla 14.14 muestra el flujo incremental resultante para evaluar la sustitución.

Tabla 14.14 ***Flujo incremental (en miles de pesos)***

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Venta terreno	$35.000										
Ahorro flete		$10.600	$10.600	$10.600	$10.600	$10.600	$10.600	$10.600	$10.600	$10.600	$10.600
Ahorro costo actual		$750	$750	$750	$750	$750	$750	$750	$750	$750	$750
Mayor costo variable		–$4.250	–$4.250	–$4.250	–$4.250	–$4.250	–$4.250	–$4.250	–$4.250	–$4.250	–$4.250
Mayor costo fijo		–$600	–$600	–$600	–$600	–$600	–$600	–$600	–$600	–$600	–$600
Depreciación		–$3.800	–$3.800	–$3.800	–$3.800	–$3.800	–$3.800	–$3.800	–$3.800	–$3.800	–$3.800
Valor libro terreno	–$18.000										
Utilidad	$17.000	$2.700	$2.700	$2.700	$2.700	$2.700	$2.700	$2.700	$2.700	$2.700	$2.700
Impuesto	–$2.550	–$405	–$405	–$405	–$405	–$405	–$405	–$405	–$405	–$405	–$405
Utilidad neta	$14.450	$2.295	$2.295	$2.295	$2.295	$2.295	$2.295	$2.295	$2.295	$2.295	$2.295
Depreciación		$3.800	$3.800	$3.800	$3.800	$3.800	$3.800	$3.800	$3.800	$3.800	$3.800
Valor libro terreno	$18.000										
Inversión	–$38.000										
Menor valor desecho											–$30.750
Flujo	–$5.550	$6.095	$6.095	$6.095	$6.095	$6.095	$6.095	$6.095	$6.095	$6.095	–$24.655

Al calcular el VAN incremental, se obtiene un resultado positivo de $20.046.000.

Por ser un flujo incremental, este valor indica que la empresa obtiene este ahorro actualizado de costos si hace la tubería en vez de emplear el transporte por camiones.

Para determinar el nivel de residuos para transportar que hace indiferentes a ambas opciones, se busca la cantidad de metros cúbicos que hace a los valores actuales de los costos iguales entre ellos o, como ya se mencionó, a la cantidad que hace al VAN incremental igual a 0.

Para ello, se puede usar la planilla electrónica Excel, seleccionando el comando **Análisis Y si** del menú **Datos** y eligiendo la opción **Buscar objetivo**. En la pantalla desplegada se anota, en **Definir la celda**, aquella donde está señalado el VAN, en **Con el valor** se anota 0, que es el VAN buscado, y en **Para cambiar la celda** se indica la celda donde están anotados los 50.000 metros cúbicos. Para esto, todos los costos

y beneficios que están en función de la cantidad deben quedar definidos como una relación de esa celda[6].

De esta forma, y luego de seleccionar la opción **Aceptar**, la planilla muestra un resultado de 22.972 metros cúbicos, que corresponde al nivel de indiferencia entre ambas opciones.

Si se estima que el nivel de operación futura deberá evacuar más de esta cantidad de residuos, se elegirá la tubería, y si se espera que sea inferior a ella, se deberá mantener el transporte por camiones.

Un procedimiento especial se puede utilizar si, por ejemplo, se considera factible negociar con los dueños de los camiones la posibilidad de rebajar los costos. La sensibilización determinaría el costo del transporte máximo que se podría pagar para que sustituirlos por la tubería sea indiferente.

14.4 Caso 4: Ampliación de niveles de operación

Una empresa está estudiando la posibilidad de ampliar la capacidad instalada de una de sus plantas, que actualmente le permite producir y vender 1.000 toneladas anuales de un determinado producto a un precio de $20.000 cada una. Sus costos variables de operación se estiman, para el próximo año, en $6.000 por tonelada producida. Los costos fijos, estimados en $2.600.000 anuales, no incluyen los gastos de mantenimiento de la máquina empleada en el proceso, cuyo costo fue de $400.000 para su primer año de operación.

En la producción actual, se emplea una maquinaria comprada hace dos años en $4.000.000. Hoy tiene un valor de mercado de $3.000.000 y podría usarse todavía cinco años más, al cabo de los cuales se podrá vender en $200.000. Su valor libro es, según información del contador de la empresa, de $2.700.000, lo que se explica por las revalorizaciones efectuadas en los años anteriores.

Para enfrentar la ampliación de la planta, se podría optar por una de las siguientes alternativas:

1. Comprar una máquina pequeña que complementaría a la actual en $10.000.000, cuya vida útil es de cinco años. Su valor de venta se estima, para ese momento, en $400.000. Su costo de operación es de $4.000 por tonelada. Con esta máquina se podrían producir 1.000 toneladas más sin incrementar los egresos fijos, aunque se deberá agregar el costo de su mantenimiento anual, que se estima en $300.000 para el primer año de funcionamiento.

6 En la versión Office 2003, se accede directamente al comando **Buscar objetivo** en el menú **Herramientas**.

2. Reemplazar el equipo actual por otro más moderno que tiene una capacidad de producción equivalente a las dos máquinas de la alternativa anterior. Su valor de mercado es de $20.000.000. Se estima un costo variable de producción de $5.500 por tonelada.

   Esta opción aumentaría los costos fijos en consideración de que, aunque permitiría evitar el costo de mantenimiento del equipo actual, agrega un costo de mantenimiento para el nuevo equipo de $600.000 anuales. Su vida útil se estima en siete años, y se espera un valor de venta de $1.000.000 al final del quinto año.

La empresa mantiene un capital de trabajo equivalente a seis meses de costo variable. La tasa de crecimiento del costo de mantenimiento de las máquinas se calcula por la siguiente expresión exponencial trimestral.

$$100 + e^{(x + 30) - 0,1}$$

Los equipos se deprecian linealmente en cinco años. Si la tasa de impuesto a las utilidades es de 15% y la tasa de costo de capital es de 14%, determine la opción más conveniente para la empresa.

Solución

La solución de este problema se puede encontrar evaluando los tres escenarios que es posible identificar: la situación base; la situación con proyecto de ampliación por la vía del complemento de la maquinaria; y la situación con proyecto de ampliación mediante la sustitución de la maquinaria actual por otra de mayor capacidad.

a. Situación base

La proyección del flujo de caja base se hizo considerando que los ingresos futuros se mantenían en $20.000.000 anuales. La máquina que se emplea hoy en el proceso podrá ser vendida al final de su vida útil real en $200.000. Su valor libro es 0 por estar completamente depreciado.

Los costos variables resultan de multiplicar el costo unitario ($6.000) por las 1.000 toneladas anuales producidas, y los costos fijos se mantienen en $2.600.000. Para los costos de mantenimiento se aplicó la tasa de crecimiento exponencial trimestral, de lo que se obtuvo la Tabla 14.15.

Tabla 14.15 ***Tasa de crecimiento de los costos de mantenimiento***

Trimestre (*x*)	Exponencial	Variación anual (%)
0	120,09	
1	122,20	
2	124,53	
3	127,11	
4	129,96	8,23
5	133,12	
6	136,60	
7	140,45	
8	144,70	11,34
9	149,40	
10	154,60	
11	160,34	
12	166,69	15,19
13	173,70	
14	181,45	
15	190,02	
16	199,48	19,68
17	209,95	
18	221,51	
19	234,29	
20	248,41	24,53
21	264,02	
22	281,27	
23	300,34	
24	321,41	29,38

Al comparar la variación que se produce cada año (o cada cuatro trimestres), se dedujo la variación porcentual que se aplica a la proyección del costo de mantenimiento. Al tener este equipo dos años de antigüedad, el costo para el primer año de la proyección (tercero de su vida) corresponde a la proyección del tercer año. Esto es, para el primer año de operación:

$$\$400.000 * 1{,}0823 * 1{,}1134 = \$481.991$$

Para el segundo año se aplicó el crecimiento de 15,19% sobre el costo del primer año. Lo mismo se hizo con los porcentajes respectivos para cada año siguiente.

La depreciación se obtiene de dividir el valor libro informado del activo ($2.700.000) por los tres años de vida útil contable que le quedan.

En este caso, se consideró irrelevante el capital de trabajo, ya que no se requiere invertir más si no hay ampliación. Por lo mismo, se excluyó como recuperación al final del periodo de evaluación, ya que cualquiera que sea la decisión que se tome, esta inversión estará en la empresa.

El flujo de caja de la situación base se muestra en la Tabla 14.16.

Tabla 14.16 ***Flujo de caja sin ampliación (en miles de pesos)***

	0	1	2	3	4	5
Ingresos		$20.000	$20.000	$20.000	$20.000	$20.000
Venta activo						$200
Costos variables		–$6.000	–$6.000	–$6.000	–$6.000	–$6.000
Costo fijo		–$2.600	–$2.600	–$2.600	–$2.600	–$2.600
Mantenimiento		–$482	–$559	–$669	–$832	–$1.077
Depreciación		–$900	–$900	–$900	$0	$0
Valor libro						$0
Utilidad		$10.018	$9.941	$9.831	$10.568	$10.523
Impuesto		–$1.503	–$1.491	–$1.475	–$1.585	–$1.578
Utilidad neta		$8.515	$8.450	$8.357	$8.982	$8.944
Depreciación		$900	$900	$900	$0	$0
Valor libro						$0
Flujo	$0	$9.415	$9.350	$9.257	$8.982	$8.944

El valor actual neto de este flujo es de $31.675.000.

b. Situación con proyecto de ampliación por complemento

Al evaluar la ampliación por la vía de complementar los activos actuales con nuevas inversiones, el flujo de caja debe considerar los efectos combinados de las dos máquinas que actúan simultáneamente.

Los ingresos se duplican al producir y vender 2.000 toneladas debido al crecimiento. En este escenario, se podrán vender al final del horizonte de evaluación ambas máquinas por $600.000 (la actual en $200.000 y la nueva en $400.000). Al estar completamente depreciados, el valor libro de ambos activos es 0.

Como los costos variables de cada máquina son distintos, se calcula el total multiplicando 1.000 toneladas anuales producidas por la máquina actual por $6.000, más las 1.000 toneladas adicionales que produciría la nueva máquina multiplicado por $4.000. En conjunto, suman $10.000.000. El costo fijo se mantiene constante respecto de la situación base.

El costo de mantenimiento se calcula sumando el ya determinado para la máquina actual, más el costo que resulta de aplicar la tasa de variación anual al costo de mantenimiento de la nueva máquina. La depreciación se obtuvo de dividir el valor de adquisición del nuevo activo por los cinco años a depreciar, más la depreciación anual restante del activo actual.

Para mantener la coherencia del análisis de la situación base, se considera irrelevante el capital de trabajo existente. Sin embargo, al ampliarse la empresa, se deberá invertir el equivalente a seis meses del costo variable anual adicional. Como el costo variable anual aumentaría en $4.000.000, se deberán considerar una mayor inversión inicial y una mayor recuperación al final del periodo de evaluación, de $2.000.000.

La Tabla 14.17 expone el flujo si la opción es ampliarse complementando los activos actuales.

Tabla 14.17 ***Flujo de caja de la ampliación por complemento (en miles de pesos)***

	0	1	2	3	4	5
Ingresos		$40.000	$40.000	$40.000	$40.000	$40.000
Venta activo						$600
Costos variables		–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000
Costo fijo		–$2.600	–$2.600	–$2.600	–$2.600	–$2.600
Mantenimiento		–$782	–$880	–$1.026	–$1.244	–$1.569
Depreciación		–$2.900	–$2.900	–$2.900	–$2.000	–$2.000
Valor libro						$0
Utilidad		$23.718	$23.620	$23.474	$24.156	$24.431
Impuesto		–$3.558	–$3.543	–$3.521	–$3.623	–$3.665
Utilidad neta		$20.160	$20.077	$19.953	$20.533	$20.766
Depreciación		$2.900	$2.900	$2.900	$2.000	$2.000
Valor libro						
Inversión	–$10.000					
Capital de trabajo	–$2.000					$2.000
Flujo	$0	$23.060	$22.977	$22.853	$22.533	$24.766

El valor actual neto de este escenario es de $67.538.000, de lo que se deduce claramente que la rentabilidad de la empresa mejoraría con esta opción. Sin embargo, podría ser posible que enfrentar la ampliación sustituyendo la tecnología en uso por otra de mayor capacidad productiva genere todavía más beneficios que la opción analizada.

c. Situación con proyecto de ampliación por reemplazo

La ampliación por sustitución de la máquina actual permite también duplicar la producción y, por lo tanto, los ingresos anuales. En este escenario, la empresa podrá vender la máquina actual en $3.000.000 en el momento de hacer el reemplazo. Su valor libro corresponde a lo que le falta por depreciar, es decir, $2.700.000.

Como ahora existe una nueva y única máquina, los costos variables se calculan multiplicando su costo unitario ($5.500) por las 2.000 toneladas anuales. Los costos fijos se mantienen en $2.600.000, y el costo de mantenimiento resulta de aplicar la tasa de variación anual a la nueva máquina.

La inversión corresponde a los $20.000.000 que cuesta adquirir la nueva máquina, y la depreciación se calcula solo para el nuevo activo.

Respecto del capital de trabajo, la ampliación requerirá invertir el equivalente a seis meses del costo variable anual adicional. Como el costo anual aumentaría en $5.000.000, se deberán considerar una inversión inicial y una mayor recuperación al final del horizonte de evaluación, por $2.500.000.

Como la nueva máquina no se vende al final del periodo de evaluación, se le debe asignar un valor. Dado que se podría vender en $1.000.000 y que su valor libro sería, en este momento, de 0, todo el precio constituiría utilidad, y se debería pagar 15% de impuesto sobre él. Es decir, $150.000, con lo que el valor después de impuestos sería de $850.000.

La Tabla 14.18 resume la proyección del flujo si se opta por la ampliación por reemplazo.

Tabla 14.18 ***Flujo de caja de la ampliación por reemplazo (en miles de pesos)***

	0	1	2	3	4	5
Ingresos		$40.000	$40.000	$40.000	$40.000	$40.000
Venta activo	$3.000					
Costos variables		–$11.000	–$11.000	–$11.000	–$11.000	–$11.000
Costo fijo		–$2.600	–$2.600	–$2.600	–$2.600	–$2.600
Mantenimiento		–$600	–$649	–$723	–$833	–$997
Depreciación		–$4.000	–$4.000	–$4.000	–$4.000	–$4.000
Valor libro	–$2.700					
Utilidad	$300	$21.800	$21.751	$21.677	$21.567	$21.403
Impuesto	–$45	–$3.270	–$3.263	–$3.252	–$3.235	–$3.210
Utilidad neta	$255	$18.530	$18.488	$18.425	$18.332	$18.193
Depreciación		$4.000	$4.000	$4.000	$4.000	$4.000
Valor libro	$2.700					
Inversión	–$20.000					
Capital de trabajo	–$2.500					$2.500
Valor de desecho						$850
Flujo	–$19.545	$22.530	$22.488	$22.425	$22.332	$25.543

La rentabilidad de esta opción muestra un valor actual neto de $59.147.000, que, aunque es mejor que el de la situación base, es inferior al de la ampliación por complemento. Por lo tanto, se recomienda crecer comprando una segunda máquina.

14.5 Caso 5: Abandono de un área de negocios

Una empresa de alquiler de vehículos creó, hace varios años, su división Compra y venta de vehículos usados para optimizar el uso de los recursos invertidos en el negocio. Así, Compra y venta se encargaba de vender los vehículos que la división *Rent a car* dejaba de requerir y, en los periodos de alta demanda para rentar vehículos, le "prestaba" automóviles de su *stock*.

El crecimiento alcanzado en la dotación de vehículos y los requerimientos de reparaciones y mantenimiento determinaron que se creara, posteriormente, una tercera división, Taller mecánico, que sirve solamente a las dos divisiones anteriores, sin prestar servicios a personas ni empresas externas. Tampoco existe la intención futura de hacerlo. Aunque los resultados del conglomerado muestran utilidades, la división *Rent a car* lleva dos años consecutivos mostrando pérdidas contables.

La división Administración central del conglomerado funciona en un local alquilado, ocupando un piso completo de un edificio de oficinas. Sus activos[7] están constituidos por mobiliario y equipamiento de oficina y de computación, comprados en $6.000.000 hace cinco años y en $3.000.000 hace un año, respectivamente. No se estima necesario reemplazar los primeros en el mediano plazo[8].

La división *Rent a car*, por otra parte, tiene ventas anuales de $20.000.000. Funciona en una propiedad que alquila en $1.000.000. El mobiliario y los equipos de oficina que ocupa se compraron hace tres años en $2.400.000 y no se tiene previsto su reemplazo a mediano plazo. Su valor de mercado actual es de $1.600.000. Los equipos de computación costaron $1.000.000 y hoy se podrían vender en $300.000.

La división Compra y venta proyecta mantener sus ingresos en $30.000.000 anuales. El local donde opera es alquilado y sus únicos activos son el mobiliario y los equipos de oficina[9], cuyo valor de compra fue de $1.800.000 hace dos años, y equipos de computación adquiridos en $1.200.000, también hace dos años.

La división Taller mecánico funciona en un local propio comprado recién hace un mes. El terreno en que se encuentra se activó contablemente en $9.000.000, y la construcción lo hizo en $20.000.000. Las máquinas fueron compradas hace cuatro años. Una de ellas, la AKT-201, que tiene un costo de $15.000.000, debe ser reemplazada cada 10 años, y en ese momento puede ser vendida en $1.000.000. No será necesario reemplazar el resto de las máquinas, las ART-603 y ART-604, que en conjunto costaron $15.000.000, ya que se considera que, con el plan de mantenimiento previsto, estas

7 En este caso, se supone que los activos no se revalorizaron en el pasado.

8 Todas las computadoras y los periféricos del conglomerado se compran simultáneamente y son sustituidos en su totalidad cada tres años; el próximo reemplazo corresponde al final del próximo año. Se estima posible vender todas las computadoras usadas en $1.000.000.

9 No se contempla la sustitución a mediano plazo.

mantendrán su capacidad productiva en un muy largo plazo. Todas las computadoras que se utilizan costaron $600.000.

Los costos de operación de cada división se muestran en la Tabla 14.19.

Tabla 14.19 ***Costos de operación anuales***

Ítem	Administración central ($)	*Rent a car* ($)	Compra y venta ($)	Taller mecánico ($)
Remuneraciones	$3.500.000	$4.500.000	$5.200.000	$3.600.000
Alquiler	$500.000	$1.000.000	$800.000	
Comunicaciones	$600.000	$320.000	$140.000	$40.000
Insumos varios	$480.000	$930.000	$770.000	$5.200.000
Uniformes		$150.000		$120.000
Publicidad		$1.200.000	$830.000	
Contabilidad	$930.000			
Sistemas de información	$1.020.000			
Seguros	$320.000	$1.200.000	$730.000	$660.000
Mantenimiento	$140.000	$20.000	$20.000	$440.000
Materiales de oficina	$260.000	$50.000	$50.000	$20.000
Energía	$40.000	$60.000	$20.000	$580.000

Todas las construcciones se deprecian en un periodo de 20 años; la maquinaria y el mobiliario, en 10; y los equipos de computación, en tres.

Los costos de Administración central y Taller mecánico se distribuyen entre las dos divisiones en partes iguales.

De acuerdo con esta información, la empresa estima que no es sostenible la pérdida anual, por lo que considera conveniente evaluar el cierre de la división *Rent a car*. Este cierre permitiría ahorrar todos los costos asociados a esa división, además de reducir varios otros en Administración central y Taller mecánico. Por otra parte, permitiría generar ingresos por la venta de activos que pasarían a ser innecesarios para la empresa.

En la división Administración central, por ejemplo, se podría reducir el costo de los sistemas de información a $830.000 y de los materiales de oficina a $230.000. En Taller mecánico, se podrían disminuir ítems como remuneraciones a $2.000.000, uniformes a $80.000, insumos varios a $3.300.000, seguros a $480.000, mantenimiento de máquinas a $300.000 y energía a $400.000, además de la depreciación por la posibilidad de vender la máquina ART-603 (que costó $7.000.000 y que se podría vender hoy en $3.200.000).

La empresa tributa 15% sobre las utilidades y evalúa sus proyectos con una tasa de costo de capital de 14%. Por otra parte, calcula la inversión en capital de trabajo como 18% de los costos anuales desembolsables, excluidos los impuestos.

Evalúe la conveniencia de cerrar la división *Rent a car*.

Solución

La solución de este problema puede encontrarse comparando la situación sin el cierre de la división *Rent a car* con la de su abandono, o realizando un análisis incremental. A continuación, se desarrolla el primer procedimiento.

a. Situación base

Como se puede apreciar en la Tabla 14.20, la división *Rent a car* presenta una pérdida contable atribuible, de manera importante, a la asignación de los costos generales ocasionados por Administración central y Taller mecánico. Para determinar si continuar o no con la división *Rent a car*, debe proyectarse un flujo de caja que permita medir la rentabilidad total de la situación base en un horizonte de tiempo superior a solo un año.

Tabla 14.20 ***Utilidad actual por división y total empresa***

Ítem	Administración central ($)	*Rent a car* ($)	Compra y venta ($)	Taller mecánico ($)	Total empresa ($)
Ingresos por venta		$20.000.000	$30.000.000		$50.000.000
Remuneraciones	–$3.500.000	–$4.500.000	–$5.200.000	–$3.600.000	–$16.800.000
Alquiler	–$500.000	–$1.000.000	–$800.000		–$2.300.000
Comunicaciones	–$600.000	–$320.000	–$140.000	–$40.000	–$1.100.000
Insumos varios	–$480.000	–$930.000	–$770.000	–$5.200.000	–$7.380.000
Uniformes		–$150.000		–$120.000	–$270.000
Publicidad		–$1.200.000	–$830.000		–$2.030.000
Contabilidad	–$930.000				–$930.000
Sistemas de información	–$1.020.000				–$1.020.000
Seguros	–$320.000	–$1.200.000	–$730.000	–$660.000	–$2.910.000
Mantenimiento	–$140.000	–$20.000	–$20.000	–$440.000	–$620.000
Materiales de oficina	–$260.000	–$50.000	–$50.000	–$20.000	–$380.000
Energía	–$40.000	–$60.000	–$20.000	–$580.000	–$700.000
Depreciación edificio		–$3.000.000		–$1.000.000	–$4.000.000
Depreciación maquinaria				–$3.000.000	–$3.000.000
Depreciación mobiliario	–$600.000	–$240.000	–$180.000		–$1.020.000
Depreciación computadoras	–$1.000.000	–$333.000	–$400.000	–$200.000	–$1.933.000
Utilidad por centro de costo	–$9.390.000	$6.997.000	$20.860.000	–$14.860.000	$3.607.000
Asignación costo Taller mecánico		–$7.430.000	–$7.430.000		
Asignación costo Administración central		–$4.695.000	–$4.695.000		
Utilidad por división y total		–$5.128.000	$8.735.000		$3.607.000

En la proyección del flujo de caja que más adelante se presenta, se tomó en consideración, además de la información de la Tabla 14.20, lo siguiente.

En el ítem de venta de activos se considera el ingreso de $1.000.000 de la máquina AKT-201, que debe reemplazarse al final del sexto año al terminar su vida útil estimada en 10 años, y $1.000.000 de ingresos por la venta de todo el sistema de computación que se sustituye cada tres años, a partir del final del primer año, por cuanto ya tiene dos años de uso.

La depreciación de la máquina AKT-201a se calculó dividiendo los $15.000.000 de su valor de compra por los 10 años a depreciar. Como ya tiene una antigüedad de cuatro años, le quedan seis por depreciar. La máquina AKT-201b, que al final del sexto año sustituye a la anterior que tiene cuatro años de uso, se empieza a depreciar en el séptimo año. Como las máquinas ART-603 y ART-604 costaron en conjunto $15.000.000 cuando se compraron hace cuatro años y se deprecian en 10 años, independientemente de cuánto tiempo se usen efectivamente, les quedan por depreciar seis años más. Estas máquinas no se sustituyen. La depreciación del mobiliario de la división Administración central se calcula dividiendo el costo de $6.000.000 en los 10 años a depreciar. Como fue adquirido hace cinco años, todavía le quedan otros cinco por depreciar. La depreciación del mobiliario de la división Compra y venta se calcula dividiendo su costo de $1.800.000 en los 10 años a depreciar. Como fue adquirido hace dos años, todavía le quedan otros ocho por depreciar. La depreciación de las computadoras corresponde al valor de compra dividido en los tres años a depreciar. Como la empresa las reemplaza también cada tres años, la depreciación anual se mantiene constante.

El valor libro de la venta de activos, incluyendo las computadoras, es igual a 0, por cuanto en el momento de la venta están totalmente depreciados.

Todas las reinversiones de las computadoras corresponden al momento en que se reemplazan.

Respecto del capital de trabajo, no varía si continúa operando como hasta ahora. Como el valor de desecho se calculó por el método económico, no se considera su recuperación al final del periodo de evaluación. El valor de desecho se calculó como el valor actual de los flujos futuros promedios anuales a perpetuidad de todo el conglomerado. Para ello, se tomó un año normal (el noveno, por no tener reposición de activos) y se le restó la depreciación anual, considerando que representa el monto a reinvertir anualmente para mantener la capacidad productiva de la empresa. Este monto promedio se dividió por la tasa de 14% exigida al negocio para determinar su valor económico ($43.271.000).

La Tabla 14.21 muestra la proyección del flujo de caja de la empresa si no se hace el abandono.

Tabla 14.21 ***Flujo de caja de la situación sin proyecto (en miles de pesos)***

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos por venta	$50.000	$50.000	$50.000	$50.000	$50.000	$50.000	$50.000	$50.000	$50.000	$50.000
Venta de activos	$1.000			$1.000		$1.000	$1.000			$1.000
Costo de operación	–$35.440	–$35.440	–$35.440	–$35.440	–$35.440	–$35.440	–$35.440	–$35.440	–$35.440	–$35.440
Depreciación edificio	–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000
Depreciación AKT-201a	–$1.500	–$1.500	–$1.500	–$1.500	–$1.500	–$1.500				
Depreciación AKT-201b							–$1.500	–$1.500	–$1.500	–$1.500
Depreciación ART-603/604	–$1.500	–$1.500	–$1.500	–$1.500	–$1.500	–$1.500				
Depreciación mobiliario Administración central	–$600	–$600	–$600	–$600	–$600					
Depreciación mobiliario *Rent a car*	–$240	–$240	–$240	–$240	–$240	–$240	–$240			
Depreciación mobiliario Compra y venta	–$180	–$180	–$180	–$180	–$180	–$180	–$180	–$180		
Depreciación computadoras	–$1.933	–$1.933	–$1.933	–$1.933	–$1.933	–$1.933	–$1.933	–$1.933	–$1.933	–$1.933
Valor libro	$0			$0		$0	$0			$0
Utilidad	$8.607	$7.607	$7.607	$8.607	$7.607	$9.207	$10.707	$9.947	$10.127	$11.127
Impuesto	–$1.291	–$1.141	–$1.141	–$1.291	–$1.141	–$1.381	–$1.606	–$1.492	–$1.519	–$1.669
Utilidad neta	$7.316	$6.466	$6.466	$7.316	$6.466	$7.826	$9.101	$8.455	$8.608	$9.458
Depreciación edificio	$1.000	$1.000	$1.000	$1.000	$1.000	$1.000	$1.000	$1.000	$1.000	$1.000
Depreciación AKT-201a	$1.500	$1.500	$1.500	$1.500	$1.500	$1.500				
Depreciación AKT-201b							$1.500	$1.500	$1.500	$1.500
Depreciación ART-603/604	$1.500	$1.500	$1.500	$1.500	$1.500	$1.500				
Depreciación mobiliario Administración central	$600	$600	$600	$600	$600					
Depreciación mobiliario *Rent a car*	$240	$240	$240	$240	$240	$240	$240			
Depreciación mobiliario Compra y venta	$180	$180	$180	$180	$180	$180	$180	$180		
Depreciación computadoras	$1.933	$1.933	$1.933	$1.933	$1.933	$1.933	$1.933	$1.933	$1.933	$1.933
Valor libro	$0			$0		$0	$0			$0
Inversión computadoras	–$5.800			–$5.800			–$5.800			–$5.800
Inversión AKT-201b						–$15.000				
Valor de desecho										$43.271
Flujo	$8.469	$13.419	$13.419	$8.469	$13.419	–$821	$8.154	$13.068	$13.041	$51.362

El valor actual neto de la opción de continuar con la situación actual, a una tasa de descuento de 14%, es de $64.125.855.

b. Situación con proyecto de abandono

Si bien el cierre de la división hace reducir los costos generales de la empresa y permite generar ingresos por la venta de activos que dejarían de usarse, para determinar la conveniencia de esta opción se debe también proyectar el flujo de caja futuro que podría esperar la empresa si abandona la división *Rent a car*.

En la Tabla 14.22, se presenta la utilidad contable que tendría la empresa si cierra esta división.

Tabla 14.22 ***Utilidad con abandono por división y total empresa***

Ítem	Administración central ($)	Compra y venta ($)	Taller mecánico ($)	Total empresa ($)
Ingresos por venta		$30.000.000		$30.000.000
Remuneraciones	–$3.500.000	–$5.200.000	–$2.000.000	–$10.700.000
Alquiler	–$500.000	–$800.000		–$1.300.000
Comunicaciones	–$600.000	–$140.000	–$40.000	–$780.000
Insumos varios	–$480.000	–$770.000	–$3.300.000	–$4.550.000
Uniformes			–$80.000	–$80.000
Publicidad		–$830.000		–$830.000
Contabilidad	–$930.000			–$930.000
Sistemas de información	–$830.000			–$830.000
Seguros	–$320.000	–$730.000	–$480.000	–$1.530.000
Mantenimiento	–$140.000	–$20.000	–$300.000	–$460.000
Materiales de oficina	–$230.000	–$50.000	–$20.000	–$300.000
Energía	–$40.000	–$20.000	–$400.000	–$460.000
Depreciación edificio			–$1.000.000	–$1.000.000
Depreciación maquinaria			–$2.300.000	–$2.300.000
Depreciación mobiliario	–$600.000	–$180.000		–$780.000
Depreciación computadoras	–$1.000.000	–$400.000	–$200.000	–$1.600.000
Utilidad por centro de costo	–$9.170.000	$20.860.000	–$10.120.000	$1.570.000
Asignación costo Taller mecánico		–$10.120.000		
Asignación costo Administración central		–$9.170.000		
Utilidad por división y total		$1.570.000		$1.570.000

Para la proyección del flujo de caja de la opción de abandono, se eliminaron los costos y beneficios directos de la división *Rent a car*. Se agregó como ingreso en el momento 0 la venta de sus computadoras ($300.000), de la máquina ART-603 ($3.200.000) y del mobiliario y los equipos de oficina ($1.600.000).

Al reducir el nivel de operación, la empresa puede recuperar anticipadamente parte de los recursos inmovilizados en capital de trabajo. Como los costos se reducirían de $36.440.000 a $22.750.000, la inversión en capital de trabajo requerida cae en 18% de los $13.690.000 de ahorros que se le producen en esta opción. Esto es, en $2.464.200. Sin embargo, al final del décimo año se incluye el menor valor que tendría.

Manteniendo el mismo criterio de cálculo que en la opción anterior, el valor de desecho económico sería de $19.125.000. La proyección del flujo de caja con la opción de abandono se muestra en la Tabla 14.23.

Tabla 14.23 ***Flujo de caja de la situación con proyecto (en miles de pesos)***

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos por venta		$30.000	$30.000	$30.000	$30.000	$30.000	$30.000	$30.000	$30.000	$30.000	$30.000
Venta de activos	$5.100	$828			$828		$1.000	$828			$828
Costo de operación		–$22.750	–$22.750	–$22.750	–$22.750	–$22.750	–$22.750	–$22.750	–$22.750	–$22.750	–$22.750
Depreciación edificio		–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000
Depreciación AKT-201a		–$1.500	–$1.500	–$1.500	–$1.500	–$1.500	–$1.500				
Depreciación AKT-201b								–$1.500	–$1.500	–$1.500	–$1.500
Depreciación ART-604		–$800	–$800	–$800	–$800	–$800	–$800				
Depreciación mobiliario Administración central		–$600	–$600	–$600	–$600	–$600					
Depreciación mobiliario Compra y venta		–$180	–$180	–$180	–$180	–$180	–$180	–$180	–$180		
Depreciación computadoras		–$1.600	–$1.600	–$1.600	–$1.600	–$1.600	–$1.600	–$1.600	–$1.600	–$1.600	–$1.600
Valor libro	–$6.213	$0			$0		$0	$0			$0
Utilidad	–$1.113	$2.398	$1.570	$1.570	$2.398	$1.570	$3.170	$3.798	$2.970	$3.150	$3.978
Impuesto	$167	–$360	–$236	–$236	–$360	–$236	–$476	–$570	–$446	–$473	–$597
Utilidad neta	–$946	$2.038	$1.335	$1.335	$2.038	$1.335	$2.695	$3.228	$2.525	$2.678	$3.381
Depreciación edificio		$1.000	$1.000	$1.000	$1.000	$1.000	$1.000	$1.000	$1.000	$1.000	$1.000
Depreciación AKT-201a		$1.500	$1.500	$1.500	$1.500	$1.500	$1.500				
Depreciación AKT-201b								$1.500	$1.500	$1.500	$1.500
Depreciación ART-604		$800	$800	$800	$800	$800	$800				
Depreciación mobiliario Administración central		$600	$600	$600	$600	$600					
Depreciación mobiliario Compra y venta		$180	$180	$180	$180	$180	$180	$180	$180		
Depreciación computadoras		$1.600	$1.600	$1.600	$1.600	$1.600	$1.600	$1.600	$1.600	$1.600	$1.600
Valor libro	$6.213	$0			$0		$0	$0			$0
Inversión computadoras		–$4.800			–$4.800			–$4.800			–$4.800
Inversión AKT-201b							–$15.000				
Capital de trabajo	$2.464										–$2.464
Valor de desecho											$19.125
Flujo	$7.731	$2.918	$7.015	$7.015	$2.918	$7.015	–$7.226	$2.708	$6.805	$6.778	$19.342

El valor actual neto de la opción de abandonar es de $33.271.336. De acuerdo con esta información, no es conveniente el cierre, por cuanto disminuiría la rentabilidad esperada del total de la empresa.

14.6 Caso 6: Internalización de procesos de mantenimiento externo

Como una forma de aumentar la productividad de los recursos internos, una empresa está estudiando la posibilidad de implementar un sistema de mantenimiento propio de sus equipos, que hoy encarga a una empresa externa.

Se calcula que el mantenimiento externo le cuesta anualmente a la empresa $24.000.000, aunque es un trabajo que se podría realizar con recursos propios y costos anuales de $14.000.000 en mano de obra y $4.000.000 en materiales. Sin embargo, debido a que actualmente existe mano de obra ociosa, imposible de reducir, se estima que las contrataciones efectivas tendrán un costo de solo $6.000.000.

Para sustituir el servicio externo, se deberán comprar maquinarias por $50.000.000, las que se deprecian en 10 años y tendrían un costo de mantenimiento propio de $1.000.000 anuales. Una de ellas, cuyo precio de adquisición es de $20.000.000, deberá ser reemplazada cada seis años, al cabo de los cuales se estima posible su venta en $6.000.000. El resto de las máquinas se reemplazará cada 10 años, y puede venderse en $2.000.000.

La nueva unidad quedará a cargo del actual jefe de la unidad de mantenimiento, que, al no tener que programar la actividad de mantenimiento preventivo externo, podrá dedicarse a la dirección de esta nueva unidad. Su sueldo anual es de $1.200.000. El proceso interno se realizará en un galpón en el interior de la planta, que no tiene ningún otro uso ni es posible vender. Sin embargo, como ocupa 5% del total de metros cuadrados de la empresa, correspondería asignarle un costo anual de 5% del total de gastos de contribuciones, aseo, vigilancia y alumbrado, todos generales de la planta, equivalentes a $3.000.000. De igual forma, se le asignará la proporción de los gastos generales de administración, equivalentes a $2.000.000.

La empresa utiliza, como estándar para estimar la inversión en capital de trabajo, 20% de los costos totales desembolsables, lo que se debe aplicar a cualquier nuevo proyecto.

Si la tasa de impuesto a las utilidades es de 15% y la rentabilidad exigida a los proyectos en la empresa es de 18%, determine qué opción le conviene más a la empresa.

En la eventualidad de que el proveedor del servicio externo estuviera dispuesto a renegociar el precio, calcule el precio máximo que la empresa estaría dispuesta a pagar para no internalizar el servicio.

Solución

La evaluación de la rentabilidad de este proyecto se puede hacer indistintamente por el método incremental o mediante la comparación de la situación base respecto de la situación con proyecto. Para sensibilizar el precio del servicio externo al nivel máximo que la empresa podría aceptar, la solución se desarrollará por el método incremental.

En la proyección del flujo incremental, se consideró el ahorro de costos externos por $24.000.000. Como la internalización obliga a invertir, se incluyen los $6.000.000 de ingresos por la venta de uno de los equipos al final del sexto año y los $2.000.000 en que se podrá vender el resto al final de su vida útil estimada en 10 años.

En los costos de mano de obra se incorporaron solo $6.000.000, ya que los restantes $8.000.000 deberán ser incurridos con o sin la internalización del servicio.

Al comprar activos que se deprecian en 10 años, aunque al final del sexto año se vende una de las máquinas, dado que se reemplaza por otra de igual valor, el monto de la depreciación anual no cambia. La máquina que se reemplaza al final del sexto año tendrá seis años de vida útil contable y, por lo tanto, cuatro años más por depreciar. Como su precio fue de $20.000.000, la depreciación anual es de $2.000.000 y su valor libro es de $8.000.000. La máquina que se reemplaza al final del décimo año se encuentra totalmente depreciada, por lo que su valor libro será 0.

En el momento 0 se incluye el total de la inversión, $50.000.000. La sustitución de una de las máquinas al final del sexto año explica la reinversión por $20.000.000, suponiendo que se reemplaza por otra de igual valor. Al final del décimo año, la empresa deberá reemplazar el resto de las máquinas por un monto total de $30.000.000[10].

Al disminuir los costos anuales desembolsables, debe considerarse la recuperación anticipada de parte de los recursos invertidos en capital de trabajo. Al reducirse los costos de $24.000.000 a $11.000.000, hay un ahorro de costos directos de $13.000.000 y, por lo tanto, es posible recuperar anticipadamente 20% de este ahorro, es decir, $2.600.000, lo que debe anotarse con signo positivo en el momento 0 y con signo negativo en el momento 10, para reflejar la menor recuperación futura.

El valor de desecho se calcula por el método económico, que considera el valor actual del flujo de caja supuesto a perpetuidad. Como el flujo de un año normal es de $11.800.000, se le restan los $5.000.000 de depreciación anual, suponiendo que equivale a la reserva para reposición anual de los activos que permitan seguir funcionando a perpetuidad. El valor resultante corresponde a $37.778.000.

10 Esta inversión debe incorporarse, ya que, al calcular el valor de desecho por el método económico, la empresa debe estar en condiciones de producir el flujo de caja sobre el que se hará la evaluación.

La Tabla 14.24 muestra el flujo de caja incremental del proyecto.

Tabla 14.24 ***Flujo de caja incremental de la internalización (en miles de pesos)***

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ahorro de costos servicio externo		$24.000	$24.000	$24.000	$24.000	$24.000	$24.000	$24.000	$24.000	$24.000	$24.000
Venta de activos							$6.000				$2.000
Mano de obra		–$6.000	–$6.000	–$6.000	–$6.000	–$6.000	–$6.000	–$6.000	–$6.000	–$6.000	–$6.000
Materiales		–$4.000	–$4.000	–$4.000	–$4.000	–$4.000	–$4.000	–$4.000	–$4.000	–$4.000	–$4.000
Mantenimiento		–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000
Depreciación		–$5.000	–$5.000	–$5.000	–$5.000	–$5.000	–$5.000	–$5.000	–$5.000	–$5.000	–$5.000
Valor libro							–$8.000				$0
Utilidad		$8.000	$8.000	$8.000	$8.000	$8.000	$6.000	$8.000	$8.000	$8.000	$10.000
Impuesto		–$1.200	–$1.200	–$1.200	–$1.200	–$1.200	–$900	–$1.200	–$1.200	–$1.200	–$1.500
Utilidad neta		$6.800	$6.800	$6.800	$6.800	$6.800	$5.100	$6.800	$6.800	$6.800	$8.500
Depreciación		$5.000	$5.000	$5.000	$5.000	$5.000	$5.000	$5.000	$5.000	$5.000	$5.000
Valor libro							$8.000				$0
Inversión	–$50.000						–$20.000				–$30.000
Capital de trabajo	$2.600										–$2.600
Valor de desecho											$37.778
Flujo	–$47.400	$11.800	$11.800	$11.800	$11.800	$11.800	–$1.900	$11.800	$11.800	$11.800	$18.678

Al calcular la rentabilidad sobre el flujo de caja incremental, se obtiene un valor actual neto de $1.869.448, por lo que la opción de internalizar es más conveniente, a menos que se pueda renegociar una rebaja en la tarifa del proveedor externo. Para determinar la tarifa máxima que se puede pagar para que se mantenga el servicio externo, se debe buscar el costo que hace al VAN incremental igual a 0. Para ello, se selecciona el comando **Análisis Y si** del menú **Datos** y se elige la opción **Buscar objetivo**. En la pantalla desplegada se anota, en **Definir la celda**, aquella donde está señalado el VAN, en **Con el valor** se anota 0, que es el VAN buscado, y en **Para cambiar la celda** se indica la celda donde está anotado el costo externo. Presionando la opción **Aceptar**, se obtendrá el resultado de $23.510.612. Cualquier precio superior a este hará recomendable internalizar, y cualquiera inferior hará más conveniente mantener la situación actual.

14.7 Caso 7: Perfil de una propuesta de ampliación

Frente al explosivo crecimiento de viviendas de descanso de fin de semana, un pequeño empresario busca evaluar, de manera simple, la conveniencia de comprar una máquina para producir 1.000 unidades por año.

Su intención es subir el precio actual a $220 la unidad. Sin embargo, no está seguro de poder vender todas las unidades a ese precio, por lo que busca determinar el

precio mínimo al cual vender su producción y, si se mantuviera en ese precio, cuál es la cantidad mínima para no perder dinero.

En la producción utilizará dos insumos, ambos perecibles en el corto plazo:

1. La materia prima *A*, que tiene un valor de $40 para las primeras 850 unidades que puede adquirir en la zona. Sobre esa cantidad, tendrá que recurrir a una fuente de abastecimiento más lejana, lo que lo obligaría a pagar 10% más por el transporte hasta su fábrica.
2. La materia prima *B* debe comprarla a un minorista que le cobra $30 la unidad. Sin embargo, si compra más de 800 unidades, podría acceder a comprarle directamente a un mayorista que le cobra $27 por cada una.

Con un trabajador, puede producir hasta 730 unidades en el local que arrendaría, con lo que tendría que asumir un costo fijo anual de $40.000. Si quiere producir más que esa cantidad, deberá pagar horas extras, con lo que su costo fijo subiría a $44.000, pero limitado a una producción máxima de 850 unidades. Si quiere producir sobre esa cantidad, su costo fijo subiría a $60.000 al tener que arrendar una pequeña bodega en un sitio colindante para el almacenamiento de sus insumos y productos terminados.

Para hacer el negocio, debe comprar una máquina por un valor de $300.000, que se deprecia en 10 años y cuya vida útil real es también de 10 años. No tiene valor de liquidación o venta al final del décimo año. Su intención es continuar indefinidamente con el negocio, por lo que deberá reinvertir cada 10 años en comprar una nueva máquina.

La tasa de impuesto a las utilidades es de 17%.

Una posibilidad que quiere evaluar es tomar un préstamo por $180.000, por el que tendría que pagar un interés anual de 12%, ya que solo dispone de $120.000. Para sus recursos propios quiere obtener una ganancia de 16% anual.

Además de conocer el precio y la cantidad de equilibrio, quiere estimar la rentabilidad promedio anual en pesos y porcentual del negocio, la rentabilidad porcentual de los recursos propios invertidos y el máximo valor que podría pagar por la máquina, ya que hay otra que le gusta más, aunque produce lo mismo.

Evalúe el proyecto a nivel de perfil.

Solución

Para proporcionar información que sea útil para tomar una decisión, es necesario, en primer lugar, estimar el costo promedio de capital, considerando que 60% lo presta un banco a una tasa de interés de 12% que, al llevarlo el empresario a gasto en su contabilidad, le permite un ahorro tributario de 17%. Este resultado se pondera por 16% exigido al 40% que aportará como capital propio:

60% * 12% * (1 – 0,17)	= 5,98%
40% * 16%	= 6,40%
Promedio ponderado	12,38%

La rentabilidad anual en pesos corresponde a lo que le queda al empresario después de pagar todos los costos y los impuestos, obtener 12,38% de rentabilidad para pagar los intereses y rentar el capital después de recuperar lo invertido, tanto obtenido por préstamo como por lo aportado.

Debido a las economías y deseconomías de escala, tanto en los costos fijos como en los variables, es necesario expresar los valores como factores condicionales. La Figura 14.1 muestra el cálculo de la rentabilidad y las fórmulas para calcular cada celda.

Figura 14.1
Cálculo de la rentabilidad anual en pesos

I24

	A	B	C	D	E
1	Precio	220			
2	Cantidad	1.000			
3	Ingreso		220.000		B1*B2
4	Materia prima A		-40.600		SI(B2<=850;B2*-40;(850*-40)+(B2-850)*-44)
5	Materia prima B		-27.000		SI(B2<=800;B2*-30;B2*-27)
6	Costo fijo		-60.000		SI(B2<=730;-40000;SI(B2<=850;-44000;-60000))
7	Depreciación		-30.000		B13/10
8	Utilidad		62.400		
9	Impuesto		-10.608		C8*-0,17
10	Utilidad neta		51.792		
11	Depreciación		30.000		
12	Flujo		81.792		
13	Inversión	300.000			
14	Rentabilidad exigida	12,38%	-37.128		B14*-B13
15			44.664		
16	Reserva recuperación de la inversión		-30.000		
17	VAN promedio anual		14.664		

Para calcular la rentabilidad porcentual de toda la inversión, se selecciona el comando **Análisis Y si** del menú **Datos** y se elige la opción **Buscar objetivo**. En la pantalla desplegada se anota C17 en **Definir la celda**, 0 en **Con el valor** y B14 en **Para cambiar la celda**. Presionando la opción **Aceptar**, se obtendrá 17,26%.

Siguiendo el mismo procedimiento, sobre los datos de la Figura 14.1, se calcula la cantidad de equilibrio (si todo lo que se produce se vende) anotando B2 en **Para cambiar la celda**. El resultado es de 882 unidades.

Sin embargo, como la materia prima es perecible, se hace necesario estimar cuántas unidades deben venderse si se producen las 1.000, ya que las que no logran venderse se deterioran e igual se debe asumir el costo por el total de las producidas. Para ello, basta con dejar ambos costos variables como números fijos en vez de fórmulas y repetir lo indicado en el párrafo anterior. Se observará que, al cambiar la cantidad, los $40.600 gastados en la materia prima *A* y los $27.000 gastados en la *B* permanecerán constantes. La cantidad mínima a vender sube, si se fabrican 1.000 unidades, a 920.

Con el mismo procedimiento, el precio mínimo calculado si se producen y venden las 1.000 unidades asciende a $202, mientras que el precio máximo que se podrá pagar por la máquina es de $370.923.

Para calcular la rentabilidad porcentual de la inversión propia, se agregan los intereses del préstamo (12% de $180.000) antes de impuestos, se reemplaza la inversión total por la inversión propia y se anota la rentabilidad exigida a los $120.000 aportados. La Figura 14.2 muestra que se obtiene idéntico resultado.

Figura 14.2
Hoja de cálculo Excel para determinar el VAN promedio anual

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Precio	220						
2	Cantidad	1.000						
3	Ingreso		220.000		B1*B2			
4	Materia prima A		-40.600		SI(B2<=850;B2*-40;(850*-40)+(B2-850)*-44)			
5	Materia prima B		-27.000		SI(B2<=800;B2*-30;B2*-27)			
6	Costo fijo		-60.000		SI(B2<=730;-40000;SI(B2<=850;-44000;-60000))			
7	Intereses		-21.600		12%*-180000			
8	Depreciación		-30.000					
9	Utilidad		40.800					
10	Impuesto		-6.936		C8*-0,17			
11	Utilidad neta		33.864					
12	Depreciación		30.000					
13	Flujo		63.864					
14	Inversión	120.000						
15	Rentabilidad exigida	16,00%	-19.200		B14*-B13			
16			44.664					
17	Reserva recuperación de la inversión		-30.000					
18	VAN promedio anual		14.664					

Anotando B15 en **Para cambiar la celda**, se obtiene que los $120.000 rentan un 28,22% anual.

14.8 Caso 8: Proyecto puro y financiado

En la evaluación de un proyecto para crear un nuevo negocio, se estima posible vender 1.000 unidades el primer año. Para el segundo y el tercero se espera un crecimiento de 20% y 15%, respectivamente, por mayor participación del mercado. Del cuarto en adelante, solo crecerá vegetativamente a 2% anual.

El precio unitario introductorio de venta se estima en $240 para cada uno de los primeros dos años. Para el tercero y los siguientes, se estabilizará en $280. El mercado proveedor informa que los costos variables unitarios ascenderían a $60 hasta 1.320 unidades. Por sobre ese nivel, el costo aumenta a $66 por cada unidad, por tener que ir a abastecerse en lugares más lejanos. Los costos fijos ascienden a $20.000 anuales. Sin embargo, si el nivel de actividad sobrepasa las 1.400 unidades, este aumentaría en 20%.

Para hacer el proyecto se deberán invertir $400.000 en instalaciones que se deprecian en 40 años. Además, deberá invertirse en dos máquinas, una de tipo *A*, que cuesta $100.000, se deprecia en cinco años y tiene una vida útil de seis años, y otra de

tipo *B*, que cuesta $80.000, se deprecia en cuatro años y tiene una vida útil de tres años. La máquina tipo *A* puede venderse al final de su vida útil en $6.000 y la tipo *B* puede venderse en $12.000.

Si la inversión en capital de trabajo equivale a tres meses de operación, la tasa de impuesto es de 17% y el valor de desecho se calcula por el método contable, construya los flujos de caja del proyecto y del inversionista, para un horizonte de evaluación de 10 años. Para efectos de la deuda, considere que el banco prestará $500.000, a ocho años plazo y a una tasa de interés de 6% anual. El inversionista exige un retorno de 20% a su capital.

Solución

En primer lugar, se calcula el valor de desecho contable de la forma en que lo muestra la Tabla 14.25.

Tabla 14.25 ***Valor de desecho contable de los activos***

	Inversión ($)	Años a depreciar	Vida útil (años)	Precio de venta ($)	Depreciación anual ($)	Antigüedad (años)	Depreciación acumulada ($)	Valor libro ($)
Propiedad	$400.000	40			$10.000	10	$100.000	$300.000
Máquina *A*	$100.000	5	6	$6.000	$20.000	4	$80.000	$20.000
Máquina *B*	$80.000	4	3	$12.000	$20.000	1	$20.000	$60.000
								$380.000

Como el nivel de actividad es siempre creciente, aunque a tasas diferentes y con economías y deseconomías de escala, el capital de trabajo debe incrementarse para poder financiar ese crecimiento. En el momento 0 se anota el capital de trabajo inicial equivalente a 3/12 del costo de operación total. Para los años siguientes, el cálculo se hace con base en la variación de costos (que refleja cambios en la cantidad y en los costos unitarios y fijos), calculándolo para un periodo de desfase de tres meses.

Todos los valores usaron la función condicional **SI** para que, ante cualquier cambio en las variaciones de los costos variables totales y fijos, se corrigieran automáticamente los flujos. De esta manera, el flujo de caja del proyecto queda como se muestra en la Tabla 14.26.

Tabla 14.26 ***Flujo de caja del proyecto***

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos		$240.000	$288.000	$386.400	$394.128	$402.011	$410.051	$418.252	$426.617	$435.149	$443.852
Venta activo *A*							$6.000				
Venta activo *B*				$12.000			$12.000			$12.000	
Costos variables		–$60.000	–$72.000	–$83.160	–$84.982	–$86.840	–$88.735	–$90.668	–$92.640	–$94.651	–$96.702
Costo fijo		–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$24.000	–$24.000	–$24.000	–$24.000	–$24.000	–$24.000	–$24.000
Depreciación instalaciones		–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000
Depreciación *A*		–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000
Depreciación *B*		–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000	$0	–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000
Valor libro *A*							$0				
Valor libro *B*				–$20.000			–$20.000			–$20.000	
Utilidad		$110.000	$146.000	$225.240	$235.146	$241.171	$265.316	$253.584	$259.977	$258.498	$273.150
Impuesto		–$18.700	–$24.820	–$38.291	–$39.975	–$40.999	–$45.104	–$43.109	–$44.196	–$43.945	–$46.435
Utilidad neta		$91.300	$121.180	$186.949	$195.172	$200.172	$220.212	$210.475	$215.781	$214.554	$226.714
Depreciación instalaciones		$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000
Depreciación *A*		$20.000	$20.000	$20.000	$20.000	$20.000	$20.000	$20.000	$20.000	$20.000	$20.000
Depreciación *B*		$20.000	$20.000	$20.000	$20.000	$20.000	$0	$20.000	$20.000	$20.000	$20.000
Valor libro *A*							$0				
Valor libro *B*				$20.000			$20.000			$20.000	
Instalaciones	–$400.000										
Inversión máquina *A*	–$100.000						–$100.000				
Inversión máquina *B*	–$80.000			–$80.000			–$80.000			–$80.000	
Capital de trabajo	–$20.000	–$3.000	–$1.815	–$1.007	–$7	–$7	–$7	–$7	–$8	–$8	$25.866
Valor de desecho											$380.000
Flujo	–$600.000	$138.300	$169.365	$175.942	$245.164	$250.165	$90.205	$260.467	$265.773	$204.546	$682.581

Para transformarlo en el flujo de caja del inversionista, se le restaron los intereses antes de impuestos y la amortización de la deuda después de impuestos. En la columna 0 se sumó el préstamo. Por lo tanto, la última fila indica los recursos propios a invertir y el flujo que le queda al inversionista después de pagar al banco. La Tabla 14.27 muestra el resultado.

Tabla 14.27 ***Flujo de caja del inversionista***

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos		$240.000	$288.000	$386.400	$394.128	$402.011	$410.051	$418.252	$426.617	$435.149	$443.852
Venta activo *A*							$6.000				
Venta activo *B*				$12.000			$12.000			$12.000	
Costos variables		–$60.000	–$72.000	–$83.160	–$84.982	–$86.840	–$88.735	–$90.668	–$92.640	–$94.651	–$96.702
Costo fijo		–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$24.000	–$24.000	–$24.000	–$24.000	–$24.000	–$24.000	–$24.000
Intereses		–$30.000	–$26.969	–$23.756	–$20.350	–$16.740	–$12.914	–$8.857	–$4.558		
Depreciación instalaciones		–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000
Depreciación *A*		–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000
Depreciación *B*		–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000	$0	–$20.000	–$20.000	–$20.000	–$20.000
Valor libro *A*							$0				
Valor libro *B*				–$20.000			–$20.000			–$20.000	
Utilidad		$80.000	$119.031	$201.484	$214.796	$224.431	$252.402	$244.727	$255.420	$258.498	$273.150
Impuesto		–$13.600	–$20.235	–$34.252	–$36.515	–$38.153	–$42.908	–$41.604	–$43.421	–$43.945	–$46.435
Utilidad neta		$66.400	$98.796	$167.232	$178.281	$186.278	$209.494	$203.123	$211.998	$214.554	$226.714
Depreciación instalaciones		$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000
Depreciación *A*		$20.000	$20.000	$20.000	$20.000	$20.000	$20.000	$20.000	$20.000	$20.000	$20.000
Depreciación *B*		$20.000	$20.000	$20.000	$20.000	$20.000	$0	$20.000	$20.000	$20.000	$20.000
Valor libro *A*							$0				
Valor libro *B*				$20.000			$20.000			$20.000	
Instalaciones	–$400.000										
Inversión máquina *B*	–$100.000						–$100.000				
Inversión máquina *A*	–$80.000			–$80.000			–$80.000			–$80.000	
Capital de trabajo	–$20.000	–$3.000	–$1.815	–$1.007	–$7	–$7	–$7	–$7	–$8	–$8	$25.866
Préstamo	$500.000										
Amortización deuda		–$50.518	–$53.549	–$56.762	–$60.168	–$63.778	–$67.604	–$71.661	–$75.960		
Valor de desecho											$380.000
Flujo	–$100.000	$62.882	$93.432	$99.463	$168.106	$172.493	$11.882	$181.455	$186.030	$204.546	$682.581

La TIR del proyecto es de 30,1% y la del inversionista es de 88,9%.

14.9 Caso 9: Abandono de una línea de productos

Evalúe la conveniencia de abandonar una línea de productos que muestra ingresos anuales inferiores a los costos y sin una tendencia observada a mejorar en el futuro.

El edificio y el terreno donde funciona la máquina son alquilados. La máquina se podría vender hoy en $2.000 o en $1.200 al final de su vida útil real, estimada en siete años. Su vida útil remanente contable es de dos años más y tiene un valor libro de $800. Los ingresos anuales son de $3.000, mientras que los costos alcanzan los $3.040 (sin considerar que a esto se le debe agregar todavía la depreciación).

El capital de trabajo equivale a un mes de costo de operación, la tasa de impuesto es de 17% y la tasa de costo de capital es de 10%.

Solución

Para construir el flujo de caja incremental, se debe considerar que el activo se vende hoy en $2.000 en vez de hacerlo en siete años más en $1.200. Como se debe anotar el valor libro en el momento 0, se suma la depreciación presupuestada para los dos años siguientes, por lo que deja de aprovecharse su beneficio tributario.

Al abandonar, se deja de percibir el ingreso anual de $3.000, pero se ahorran los $3.040 de costo anual.

Como se recuperan hoy $253 de capital de trabajo, en siete años más el valor remanente de la empresa será inferior en ese mismo monto, por lo que se resta en la columna 7.

El flujo de caja resultante es el que se muestra en la Tabla 14.28.

Tabla 14.28 ***Flujo de caja incremental de la opción de abandonar***

	0	1	2	3	4	5	6	7
Venta activo	$2.000							–$1.200
Ingresos		–$3.000	–$3.000	–$3.000	–$3.000	–$3.000	–$3.000	–$3.000
Costos		$3.040	$3.040	$3.040	$3.040	$3.040	$3.040	$3.040
Depreciación		$400	$400					
Valor libro	–$800							$0
Utilidad	$1.200	$440	$440	$40	$40	$40	$40	–$1.160
Impuesto	–$204	–$75	–$75	–$7	–$7	–$7	–$7	$197
Utilidad neta	$996	$365	$365	$33	$33	$33	$33	–$963
Depreciación		–$400	–$400					
Valor libro	$800							$0
Capital de trabajo	$253							–$253
Flujo	$2.049	–$35	–$35	$33	$33	$33	$33	–$1.216

Al calcular el VAN del proyecto, resulta un valor positivo de $1.452, que indica que conviene el cierre de la línea de productos.

14.10 Caso 10: Proyecto de creación de pabellón de otorrinolaringología

Para resolver el problema de las listas de espera de pacientes infantiles en la especialidad de otorrinolaringología con patología de amígdalas-adenoides, que tienen indicación de cirugía por las complicaciones y las secuelas que conllevan a largo plazo, se propone la construcción de un pabellón exclusivo para la especialidad, que se integraría a la unidad de cirugía mayor ambulatoria de un establecimiento privado.

Como la patología es conocida y de gran frecuencia de atención, se estima que en manos de expertos la cirugía puede durar hasta 15 minutos.

La Tabla 14.29 resume la información conocida.

Tabla 14.29 ***Inversiones en el pabellón de otorrinolaringología***

Inversiones	Precio ($)	Años a depreciar	Vida útil (años)	Valor de venta ($)
Construcción de pabellón	$50.000	20	40	$25.000
Máquina de anestesia	$12.000	10	8	$6.000
Mesa quirúrgica	$2.000	10	6	$1.000
Lámparas	$2.000	10	4	$1.000
Electrocoagulador	$1.300	10	10	$650
Mesas mayo	$1.000	10	8	$500
Compresoras	$100	10	6	$50
Vitrina	$300	10	20	$50
Carro	$300	10	8	$0
Piso	$50	10	6	$0
Cajas quirúrgicas	$4.800	5	5	$0
Instrumental médico	$26.150	5	5	$0

Los costos de operación anuales proyectados se muestran en la Tabla 14.30.

Tabla 14.30 ***Costos anuales del pabellón de otorrinolaringología***

Costos de operación anuales	Precio ($)
Honorarios técnicos paramédicos	$3.600
Honorario auxiliar	$1.400
Honorario enfermeras	$5.300
Honorario médicos otorrinos	$9.600
Honorario anestesista	$4.800
Insumos médicos	$2.100
Ropa quirúrgica	$800
Medicamentos	$1.300
Oxígeno	$11.000
Esterilización	$3.300
Lavandería	$11.000
Total costos operacionales	$54.200

Todos los costos de operación son variables y cambian proporcionalmente con el crecimiento de la actividad, aunque en la Tabla 14.30 se expresan como totales anuales. No hay economías ni deseconomías de escala. Otros gastos anuales fijos son $45.600 en consumos básicos y $1.000 en material de oficina.

Para el primer año de funcionamiento, se considera posible atender a 1.760 pacientes con una tarifa de $80. Para los años siguientes, se asignó una tasa de crecimiento de 3% anual para los años segundo al cuarto. A partir de ahí, se trabaja con una atención constante, dado que se coparía la capacidad física de prestaciones.

La inversión en capital de trabajo corresponde a tres meses de costo total.

Si la tasa de impuesto es de 17%, construya el flujo de caja para evaluar el proyecto.

Solución

El flujo de caja quedaría como se expone en la Tabla 14.31. Los costos variables aumentan los primeros años para ser consecuentes con el aumento en el número de prestaciones. La sustitución de activos se anota individualizando cada venta de activo, para poder incorporar el valor libro correspondiente a cada venta.

Se excluye la venta de las cajas quirúrgicas e instrumental médico por no venderse y estar totalmente depreciados.

La inversión en capital de trabajo se calcula para cubrir tres meses de periodo de desfase. Como los costos anuales cambian por el crecimiento en la actividad, esta

inversión crece proporcionalmente. Dado que el valor de desecho se calculó por el método contable, se agregó, al final del horizonte de evaluación, el valor que tendría a ese momento.

Con objeto de simplificar la presentación de los resultados, se reversaron todos los gastos no desembolsables en una sola fila.

Tabla 14.31 *Flujo de caja*

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos		$140.800	$145.024	$149.375	$153.856	$153.856	$153.856	$153.856	$153.856	$153.856	$153.856
Venta máquina anestesia									$6.000		
Venta mesa quirúrgica							$1.000				
Venta lámparas					$1.000				$1.000		
Venta electrocoagulador											$650
Venta mesas mayo									$500		
Venta compresoras							$50				
Venta carro									$0		
Venta piso							$0				
Costos operación		−$54.200	−$55.826	−$57.501	−$59.226	−$59.226	−$59.226	−$59.226	−$59.226	−$59.226	−$59.226
Otros costos		−$46.600	−$46.600	−$46.600	−$46.600	−$46.600	−$46.600	−$46.600	−$46.600	−$46.600	−$46.600
Depreciación		−$10.595	−$10.595	−$10.595	−$10.595	−$10.595	−$10.595	−$10.595	−$10.595	−$10.595	−$10.595
Valor libro máquina anestesia									−$2.400		
Valor libro mesa quirúrgica							−$800				
Valor libro lámparas					−$1.200				−$1.200		
Valor libro electrocoagulador											$0
Valor libro mesas mayo									−$200		
Valor libro compresoras							−$40				
Valor libro carro									−$60		
Valor libro piso							−$20				
Utilidad		$29.405	$32.003	$34.679	$37.235	$37.435	$37.625	$37.435	$41.075	$37.435	$38.085
Impuesto (17%)		−$4.999	−$5.441	−$5.895	−$6.330	−$6.364	−$6.396	−$6.364	−$6.983	−$6.364	−$6.474
Utilidad neta		$24.406	$26.562	$28.784	$30.905	$31.071	$31.229	$31.071	$34.092	$31.071	$31.611
Ajuste gastos no desembolsables		$10.595	$10.595	$10.595	$11.795	$10.595	$11.455	$10.595	$14.455	$10.595	$10.595
Inversiones	−$100.000										
Inversiones de reposición					−$2.000	−$30.950	−$2.150		−$15.300		
Inversión capital de trabajo	−$25.200	−$407	−$419	−$431							$26.457
Valor de desecho											$38.530
Flujo	−$125.200	$34.594	$36.738	$38.948	$40.700	$10.716	$40.534	$41.666	$33.247	$41.666	$107.193

14.11 Caso 11: Cierre de un local de venta

Una farmacia evalúa el cierre de uno de sus locales de venta por considerar que tiene una rentabilidad negativa. El establecimiento es arrendado en $1.200 anuales, pero todas las instalaciones son propias.

El cierre permitiría liberar activos que se podrían vender en $12.000. Si no se cierra el local, estos activos tendrían un valor en el mercado de $6.000 dentro de ocho años, vida útil remanente estimada para todos ellos.

El valor contable de estos activos es hoy de $16.000 y, según información proporcionada por el contador, aún le quedan cuatro años por depreciar.

La farmacia genera ingresos anuales promedios de $10.000 y no se estiman variaciones relevantes a futuro; además, tiene costos operacionales anuales de $5.400. No se incluyen los gastos de los servicios centrales, ya que, independientemente de que se cierre o no el local, se deberá continuar incurriendo en ellos.

La farmacia maneja un capital de trabajo equivalente a cuatro meses de costos desembolsables totales, dado el alto nivel de inventarios que debe mantener.

La tasa de impuesto a las utilidades es de 17%, y la empresa exige un retorno de 10% a sus inversiones.

Calcule el VAN y la TIR, y explique los resultados.

Solución

De la misma manera que se ha explicado en varios casos anteriores, la venta anticipada de activos hará que la empresa deje de tener la posibilidad de venderlos al final de su vida útil. Por tal motivo, se anota con signo positivo en la columna 0 el valor de la venta en el momento actual, y con signo negativo la menor venta presupuestada para dentro de ocho años.

La misma consideración se aplica al capital de trabajo. El cierre de esta farmacia solo permite anticipar la recuperación de lo invertido en capital de trabajo, por lo que debe registrarse al final del horizonte de evaluación la menor propiedad sobre él que tendrá la empresa.

La Tabla 14.32 muestra el resultado del flujo proyectado si se optara por el cierre del local.

Tabla 14.32 ***Flujo de caja incremental del cierre del local***

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Venta de activos	$12.000								–$6.000
Menores ingresos		–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000
Ahorro de costos		$5.400	$5.400	$5.400	$5.400	$5.400	$5.400	$5.400	$5.400
Ahorro de arriendo		$1.200	$1.200	$1.200	$1.200	$1.200	$1.200	$1.200	$1.200
Menor depreciación		$4.000	$4.000	$4.000	$4.000				
Valor libro	–$16.000								$0
Utilidad	–$4.000	$600	$600	$600	$600	–$3.400	–$3.400	–$3.400	–$9.400
Impuesto	$680	–$102	–$102	–$102	–$102	$578	$578	$578	$1.598
Utilidad neta	–$3.320	$498	$498	$498	$498	–$2.822	–$2.822	–$2.822	–$7.802
Ajuste por depreciación		–$4.000	–$4.000	–$4.000	–$4.000				
Valor libro	$16.000								$0
Capital de trabajo	$2.200								–$2.200
Flujo	$12.680	–$3.502	–$3.502	–$3.502	–$3.502	–$2.822	–$2.822	–$2.822	–$7.802

Al calcular el VAN a una tasa de 10%, resulta negativo en $6.854. Sin embargo, la TIR que se obtiene es de 22,63%.

Esto se explica porque, en los proyectos de desinversión, la TIR solo muestra la tasa que iguala los flujos positivos con los negativos y no indica si se obtiene más o menos que la tasa exigida de retorno a las inversiones.

14.12 Caso 12: Ampliación de un establecimiento asistencial

Un establecimiento asistencial está estudiando la posibilidad de ampliar su capacidad instalada que actualmente permite atender 1.000 pacientes anuales a un precio de $20.000 cada uno. Sus costos variables ascienden a $6.000 y los fijos, a $3.000.000 anuales. En el procedimiento médico se emplea una maquinaria comprada hace dos años en $4.000.000. Hoy tiene un valor de mercado de $3.000.000 y podría usarse todavía otros cinco años más, al cabo de los cuales se podrá vender en $200.000. La ampliación podría lograrse por una de las siguientes dos alternativas:

1. Comprar una máquina pequeña que complementaría a la actual, a un precio de $10.000.000. Su vida útil es de cinco años y su valor de venta futuro es de $400.000. Su costo de operación es de $4.000 por paciente. Con esta máquina se podrían atender otras 1.000 prestaciones, sin incrementar los egresos fijos.
2. Reemplazar el equipo actual por otro más moderno, que tendría capacidad equivalente a las dos máquinas de la alternativa anterior. Su valor de mercado es de $20.000.000. Su costo variable es de $5.500 por atención y aumentaría los costos

fijos en $500.000 anuales. Su vida útil es de cinco años y su valor de venta en ese momento se estima en $1.000.000.

La empresa mantiene un capital de trabajo equivalente a seis meses de costo total desembolsable. Los equipos se deprecian linealmente con una tasa de 20% anual. Si la tasa de impuesto para la empresa es de 17%, construya los flujos de caja para evaluar el proyecto.

Solución

En este caso, se construirán los flujos de los tres escenarios opcionales. Alternativamente se puede recurrir al análisis incremental, donde se tendría que comparar la opción de no crecer con la de ampliarse por complemento, y luego al incremental entre no crecer y crecer reemplazando los activos actuales.

Siguiendo el procedimiento explicado reiteradamente en este texto, los tres flujos de caja se muestran en la Tabla 14.33.

Tabla 14.33 ***Flujos de caja de ampliarse con opciones de reemplazo o complemento de activos (en miles de pesos)***

Sin ampliación	0	1	2	3	4	5
Ingresos		$20.000	$20.000	$20.000	$20.000	$20.000
Venta activo						$200
Costos variables		–$6.000	–$6.000	–$6.000	–$6.000	–$6.000
Costos fijos		–$3.000	–$3.000	–$3.000	–$3.000	–$3.000
Depreciación		–$800	–$800	–$800		
Valor libro						$0
Utilidad		$10.200	$10.200	$10.200	$11.000	$11.200
Impuesto		–$1.734	–$1.734	–$1.734	–$1.870	–$1.904
Utilidad neta		$8.466	$8.466	$8.466	$9.130	$9.296
Depreciación		$800	$800	$800		
Valor libro						
Capital de trabajo						$4.500
Flujo		$9.266	$9.266	$9.266	$9.130	$13.796

Opción *A*	0	1	2	3	4	5
Ingresos		$40.000	$40.000	$40.000	$40.000	$40.000
Venta activos						$600
Costos variables		–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000
Costos fijos		–$3.000	–$3.000	–$3.000	–$3.000	–$3.000
Depreciación		–$2.800	–$2.800	–$2.800	–$2.000	–$2.000
Valor libro						$0
Utilidad		$24.200	$24.200	$24.200	$25.000	$25.600
Impuesto		–$4.114	–$4.114	–$4.114	–$4.250	–$4.352
Utilidad neta		$20.086	$20.086	$20.086	$20.750	$21.248
Depreciación		$2.800	$2.800	$2.800	$2.000	$2.000
Valor libro						$0
Capital de trabajo	–$2.000					$6.500
Inversión	–$10.000					
Flujo	–$12.000	$22.886	$22.886	$22.886	$22.750	$29.748

Opción *B*	0	1	2	3	4	5
Ingresos		$40.000	$40.000	$40.000	$40.000	$40.000
Venta activos	$3.000					$1.000
Costos variables		–$11.000	–$11.000	–$11.000	–$11.000	–$11.000
Costos fijos		–$3.500	–$3.500	–$3.500	–$3.500	–$3.500
Depreciación		–$4.000	–$4.000	–$4.000	–$4.000	–$4.000
Valor libro	–$2.400					$0
Utilidad	$600	$21.500	$21.500	$21.500	$21.500	$22.500
Impuesto	–$102	–$3.655	–$3.655	–$3.655	–$3.655	–$3.825
Utilidad neta	$498	$17.845	$17.845	$17.845	$17.845	$18.675
Depreciación		$4.000	$4.000	$4.000	$4.000	$4.000
Valor libro	$2.400					
Capital de trabajo	–$2.750					$7.250
Inversión	–$20.000					
Flujo	–$19.852	$21.845	$21.845	$21.845	$21.845	$29.425

14.13 Caso 13: Reemplazo con cálculo de vida útil

Una empresa utiliza actualmente en su proceso de producción una maquinaria que compró hace tres años en $9.000. Hoy tiene un valor en el mercado de $7.400 y una vida útil restante de nueve años, momento en el cual se podrá vender, como chatarra, en solo $500. Sus costos de operación anuales se estiman en $1.400 para el próximo año, el que se incrementa exponencialmente a una tasa de 0,12% anual, la misma que se aplica a todos los activos similares de la empresa.

De acuerdo con lo informado por el contador, su valor libro actual es de $7.000, dado que se ha revalorizado por inflación en el pasado. La nueva máquina tiene un valor de $10.000. No se sabe cuál es su vida útil, pero se sabe que el primer año pierde 32% de su valor en el mercado y que cada año siguiente pierde 15% del valor del año anterior.

Los costos directos, estimados para el primer año en $1.200, crecen a la misma tasa que los de la máquina actual. La máquina nueva permite, además, reducir los costos fijos en personal, lo que le permite a la empresa ahorrarse $400 anuales. La tasa de impuesto es de 17%. Todos los activos se deprecian en 10 años. La tasa de costo de capital es de 10%.

Determine la conveniencia de hacer el reemplazo de equipos.

Solución

La Tabla 14.34 resume, en la primera parte, la información de la máquina nueva necesaria para calcular su vida útil óptima económica. Por ejemplo, la columna 4 indica que si se reemplaza el activo cada cuatro años, deberán invertirse $10.000 en adquirir la máquina en el momento 0, que podría ser vendida en $4.176 con cuatro años de uso, cada uno de los cuales deberá incurrir en costos de $1.200, $1.350, $1.525 y $1.720, respectivamente.

Se agrega la información de los costos anuales futuros que deberá enfrentar la máquina actual.

Tabla 14.34 ***Información económica por año de antigüedad y cálculo del costo anual equivalente***

	Años de antigüedad											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Inversión	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000	$10.000
Valor de desecho	$6.800	$5.780	$4.913	$4.176	$3.550	$3.017	$2.565	$2.180	$1.853	$1.575	$1.339	$1.138
Costo anual equipo nuevo	$1.200	$1.353	$1.525	$1.720	$1.939	$2.187	$2.465	$2.780	$3.134	$3.534	$3.984	$4.492
Costo anual equipo actual	$1.400	$1.578	$1.780	$2.007	$2.263	$2.551	$2.876	$3.243	$3.656	$4.123	$4.648	$5.241
VA de la inversión	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000	–$10.000
VA del valor de desecho	$6.182	$4.777	$3.691	$2.852	$2.204	$1.703	$1.316	$1.017	$786	$607	$469	$363
VA de los costos	–$1.091	–$2.209	–$3.355	–$4.530	–$5.734	–$6.968	–$8.233	–$9.530	–$10.859	–$12.222	–$13.618	–$15.049
VA total	–$4.909	–$7.432	–$9.664	–$11.678	–$13.530	–$15.265	–$16.917	–$18.513	–$20.074	–$21.614	–$23.149	–$24.687
Costo anual equivalente	–$5.400	–$4.282	–$3.886	–$3.684	–$3.569	–$3.505	–$3.475	–$3.470	–$3.486	–$3.518	–$3.564	–$3.623

Para calcular la vida útil óptima económica del equipo nuevo, se actualizan, en la segunda parte de la Tabla 14.34, todos los valores al momento 0, tomando la precaución de considerar que los costos anuales son acumulativos y que el valor de desecho se observa solo al momento de su liquidación. Sumando los valores actuales, se puede calcular el costo anual equivalente de quedarse con el equipo uno o más años mediante la función **Pago** del Excel. Como se puede observar, el mínimo costo anual equivalente se alcanza con ocho años de uso.

El valor de desecho del nuevo equipo se calcula por:

Venta	$6.800
Valor libro	–$9.000
Utilidad	–$2.200
Impuesto	$374
Utilidad neta	–$1.826
Valor libro	$9.000
Valor de desecho comercial	$7.174

Conocido este antecedente, se procede a elaborar el flujo de caja incremental que se muestra en la Tabla 14.35.

Tabla 14.35 ***Flujo de caja incremental***

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ahorro de costos operación equipo actual		$1.400	$1.578	$1.780	$2.007	$2.263	$2.551	$2.876	$3.243	$3.656
Ahorro de costo fijo		$400	$400	$400	$400	$400	$400	$400	$400	$401
Venta activo	$7.400								$2.180	–$500
Costos de operación equipo nuevo		–$1.200	–$1.353	–$1.525	–$1.720	–$1.939	–$2.187	–$2.465	–$2.780	–$1.200
Depreciación equipo nuevo		–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000
Depreciación equipo actual		$1.000	$1.000	$1.000	$1.000	$1.000	$1.000	$1.000	$0	–$1.000
Valor libro	–$7.000								–$2.000	$0
Utilidad	$400	$600	$625	$654	$687	$723	$764	$811	$43	$357
Impuesto	–$68	–$102	–$106	–$111	–$117	–$123	–$130	–$138	–$7	–$61
Utilidad neta	$332	$498	$519	$543	$570	$600	$634	$673	$36	$297
Depreciación equipo nuevo		$1.000	$1.000	$1.000	$1.000	$1.000	$1.000	$1.000	$1.000	$1.000
Depreciación equipo actual		–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000	–$1.000	$0	$1.000
Valor libro	$7.000								$2.000	$0
Inversión	–$10.000								–$10.000	
Valor de desecho										$7.174
Flujo	–$2.668	$498	$519	$543	$570	$600	$634	$673	–$6.964	$9.471

14.14 Caso 14: Selección de proyectos con restricción de recursos

Después de haber aprobado los proyectos que el directorio de la empresa definió como prioritarios, ya sea por su carácter estratégico o por ser de continuidad de inversiones que venían ejecutándose, la gerencia presenta 13 proyectos menores evaluados con VAN positivo.

Debido a que existen recursos posibles de asignar que ascienden a $540.000, deberá decidir cuáles ejecutará este año, ya que para realizarlos todos se requerirían $684.000.

El gerente está muy interesado en utilizar el índice IVAN, ya que para determinar cuál es la combinación de proyectos que maximiza el VAN, se requeriría analizar 8.192 combinaciones.

Con la información de la Tabla 14.36, calcule la mejor opción por el índice IVAN y compárelo con la que se obtendría mediante la función **Solver** del Excel, de programación lineal.

Tabla 14.36 ***Inversiones y VAN de proyectos elegibles***

Proyecto	Inversión ($)	VAN ($)
A	$64.000	$19.000
B	$46.000	$13.000
C	$33.000	$5.000
D	$56.000	$12.000
E	$68.000	$17.000
F	$82.000	$12.000
G	$40.000	$5.500
H	$34.000	$5.200
I	$48.000	$6.700
J	$37.000	$10.000
K	$65.000	$13.000
L	$64.000	$10.200
M	$47.000	$9.000

Solución

El índice IVAN se obtiene dividiendo el VAN por la inversión de cada proyecto. Al calcularlo para cada proyecto, se obtienen los resultados de la Tabla 14.37.

Tabla 14.37 ***Cálculo del IVAN***

Proyecto	Inversión ($)	VAN ($)	IVAN (%)
A	$64.000	$19.000	0,297
B	$46.000	$13.000	0,283
C	$33.000	$5.000	0,152
D	$56.000	$12.000	0,214
E	$68.000	$17.000	0,250
F	$82.000	$12.000	0,146
G	$40.000	$5.500	0,138
H	$34.000	$5.200	0,153
I	$48.000	$6.700	0,140
J	$37.000	$10.000	0,270
K	$65.000	$13.000	0,200
L	$64.000	$10.200	0,159
M	$47.000	$9.000	0,191

Al ir eliminando los que tienen menor IVAN hasta lograr que la suma de las inversiones de los proyectos no eliminados sea como máximo de $540.000, se deduce que la combinación óptima debe eliminar los proyectos *F*, *G* e *I*, con lo cual se usarían $514.000 de los recursos disponibles, con lo que se obtendría un VAN total de $113.400.

Los $36.000 que quedan disponibles no alcanzan para implementar ninguno de los tres proyectos descartados.

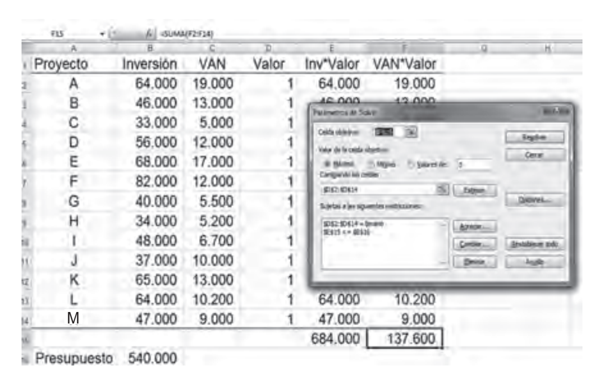
Para aplicar la función **Solver** del Excel, se procede a elaborar la Figura 14.3, donde se agrega una columna con valores 1 que se multiplica por la inversión y por el VAN de cada proyecto.

Figura 14.3
*Matriz de cálculo de la función **Solver***

Proyecto	Inversión	VAN	Valor	Inv*Valor	VAN*Valor
A	64.000	19.000	1	64.000	19.000
B	46.000	13.000	1	46.000	13.000
C	33.000	5.000	1	33.000	5.000
D	56.000	12.000	1	56.000	12.000
E	68.000	17.000	1	68.000	17.000
F	82.000	12.000	1	82.000	12.000
G	40.000	5.500	1	40.000	5.500
H	34.000	5.200	1	34.000	5.200
I	48.000	6.700	1	48.000	6.700
J	37.000	10.000	1	37.000	10.000
K	65.000	13.000	1	65.000	13.000
L	64.000	10.200	1	64.000	10.200
M	47.000	9.000	1	47.000	9.000
				684.000	137.600
Presupuesto	540.000				

Para ejecutar la función **Solver**, debe tenerse la precaución de corregir en el cuadro de diálogo **Opciones** la cantidad de iteraciones (pediremos 9.000) y la tolerancia, que se dejará en 0. El cuadro de diálogo se completa como lo muestra la Figura 14.4.

Figura 14.4
Cuadro de diálogo de Solver



Marcando **Resolver** se ejecutarán las 9.000 iteraciones colocando valores 0 y 1 al factor binario hasta que encuentre la combinación de proyectos que maximiza el VAN. El resultado se muestra en la Figura 14.5, donde se aprecia que descartando los proyectos C, *I* y *L* se obtiene un VAN acumulado de $115.700.

Figura 14.5
Solución óptima

F15 =SUMA(F2:F14)

Proyecto	Inversión	VAN	Valor	Inv*Valor	VAN*Valor
A	64.000	19.000	1	64.000	19.000
B	46.000	13.000	1	46.000	13.000
C	33.000	5.000	0	-	-
D	56.000	12.000	1	56.000	12.000
E	68.000	17.000	1	68.000	17.000
F	82.000	12.000	1	82.000	12.000
G	40.000	5.500	1	40.000	5.500
H	34.000	5.200	1	34.000	5.200
I	48.000	6.700	0	-	-
J	37.000	10.000	1	37.000	10.000
K	65.000	13.000	1	65.000	13.000
L	64.000	10.200	0	-	-
M	47.000	9.000	1	47.000	9.000
				539.000	115.700
Presupuesto	540.000				

14.15 Caso 15: Análisis de sensibilidad con demanda de flujo y de stock

Una empresa está estudiando la viabilidad de elaborar un nuevo producto cuyo principal insumo es importado. Si sube el precio de la materia prima o el tipo de cambio, ese incremento no se podrá trasladar al precio, por cuanto existen en el mercado local otros sustitutos que usan insumos nacionales que no se verían afectados por el cambio en los precios internacionales. Por esta razón, determine el costo máximo que puede alcanzar el insumo importado para que el VAN siga siendo atractivo. La información recogida para evaluar el proyecto es la siguiente.

Inversión fija	$10.000.000
Costo variable unitario (sin insumo importado)	$250
Costo variable unitario del insumo importado	$90
Costo fijo de producción	$3.000.000
Precio de venta	$800

Por tratarse de un producto con características muy particulares, se asocian a las ventas dos componentes, que permiten proyectar un componente fijo (demanda de flujo) y uno variable (demanda de *stock*). Ello, en consideración de que es muy posible que algunas personas que ya tengan el producto deseen cambiarlo por efectos de imagen.

La gran mayoría de la población, sin embargo, no debería sustituir el que hoy tiene. La siguiente es la proyección de ventas para los próximos 10 años.

Demanda	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Flujo	$1.000	$12.000	$14.000	$14.000	$14.000	$14.000	$14.000	$14.000	$14.000	$14.000
Stock	$1.000	$2.500	$5.000	$3.000	$500					

La inversión fija tiene una vida útil de 10 años, aunque se deprecia en solo ocho años. La tasa de impuesto es de 17% y la tasa de costo de capital es de 16%. El valor de desecho se calcula por el método contable para seguir un criterio más conservador.

Solución

La Figura 14.6 muestra el flujo de caja proyectado a 10 años. Todos los valores del flujo están expresados como fórmulas sobre los datos que aparecen en la parte superior, de manera de poder hacer la sensibilización deseada.

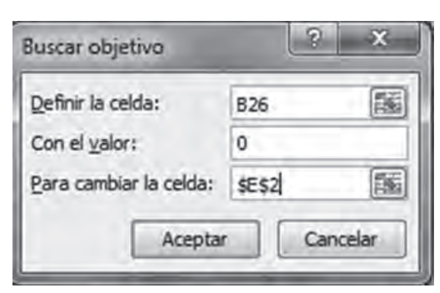
Figura 14.6

Flujo de caja para la sensibilización

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	I	K	L	M
1	Inversión				10.000.000								
2	Costo variable unitario (sin insumo importado)				250								
3	Costo variable unitario del insumo importado				90								
4	Costo fijo de producción				3.000.000								
5	Precio de venta				800								
6	Años a depreciar				8								
7	Impuesto				17%								
8	Rentabilidad exigida				16%								
9	Demanda		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
10	Flujo		1.000	12.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	
11	Stock		1.000	2.500	5.000	3.000	500						
12	Total		2.000	14.500	19.000	17.000	14.500	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	
13													
14		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
15	Ingresos		1.600.000	11.600.000	15.200.000	13.600.000	11.600.000	11.200.000	11.200.000	11.200.000	11.200.000	11.200.000	
16	Costo variable total		-680.000	-4.930.000	-6.460.000	-5.780.000	-4.930.000	-4.760.000	-4.760.000	-4.760.000	-4.760.000	-4.760.000	
17	Costo fijo		-3.000.000	-3.000.000	-3.000.000	-3.000.000	-3.000.000	-3.000.000	-3.000.000	-3.000.000	-3.000.000	-3.000.000	
18	Depreciación		-1.250.000	-1.250.000	-1.250.000	-1.250.000	-1.250.000	-1.250.000	-1.250.000	-1.250.000	0	0	
19	Utilidad		-3.330.000	2.420.000	4.490.000	3.570.000	2.420.000	2.190.000	2.190.000	2.190.000	3.440.000	3.440.000	
20	Impuesto		566.100	-411.400	-763.300	-606.900	-411.400	-372.300	-372.300	-372.300	-584.800	-584.800	
21	Utilidad neta		-2.763.900	2.008.600	3.726.700	2.963.100	2.008.600	1.817.700	1.817.700	1.817.700	2.855.200	2.855.200	
22	Depreciación		1.250.000	1.250.000	1.250.000	1.250.000	1.250.000	1.250.000	1.250.000	1.250.000	0	0	
23	Inversión	-10.000.000											
24	Valor de desecho											0	
25	Flujo	-10.000.000	-1.513.900	3.258.600	4.976.700	4.213.100	3.258.600	3.067.700	3.067.700	3.067.700	2.855.200	2.855.200	
26	VAN	2.861.559											

Para encontrar el costo máximo que podría resistir el proyecto si internamente los proveedores le suben el precio, se recurre a la función **Buscar objetivo** del comando **Análisis Y si** del menú **Datos**, tal como se muestra en la Figura 14.7.

Figura 14.7
Cuadro de diálogo ***Buscar objetivo***



Al marcar **Aceptar**, se obtiene un precio máximo del insumo nacional de $305. Repitiendo la misma operación para el insumo importado, el resultado es de $145.

14.16 Caso 16: Validación de flujo

Un amigo suyo, cansado de trabajar como dependiente, quiere emprender un nuevo negocio. Su hijo, estudiante de economía, le prepara el flujo de caja que se muestra en la Tabla 14.38.

Un día, la esposa de su amigo le lleva el flujo de caja con el encargo de que usted lo revise. No hay ninguna información adicional y tampoco sabe de qué trata el emprendimiento.

Busque los errores que se desprenden de solo mirar el flujo. No haga ningún cálculo para ver si están bien o mal las sumas y restas.

Tabla 14.38 ***Flujo de caja para validación***

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos		$1.000	$1.000	$1.000	$1.000	$1.000	$1.200	$1.200	$1.200	$1.200	$1.200
Venta activos					$500						
Egresos		–$700	–$700	–$700	–$700	–$700	–$800	–$800	–$800	–$800	–$800
Depreciación		–$200	–$200	–$200	–$200	–$200	–$200	–$200	–$200	–$200	–$200
Valor libro					–$400						
Utilidad		$100	$100	$100	$200	$100	$200	$200	$200	$200	$200
Impuesto (10%)		–$17	–$17	–$17	–$34	–$17	–$34	–$34	–$34	–$34	–$34
Utilidad neta		$83	$83	$83	$166	$83	$166	$166	$166	$166	$166
Depreciación		$200	$200	$200	$200	$200	$200	$200	$200	$200	$200
Inversiones	–$3.000				–$1.000	–$600					
Capital de trabajo		–$200									$200
Valor de desecho económico											$1.660
Flujo	–$3.000	$83	$283	$283	–$634	–$317	$366	$366	$366	$366	$2.226

Solución

a. La inversión en capital de trabajo debe ir en la columna 0.

b. Si se sustituye una máquina el cuarto año, debe suponerse que también se reemplaza el octavo año.

c. No se reversó el valor libro en la columna 4.

d. El quinto año se invierte con lo que aumentan los ingresos y egresos del sexto año. Sin embargo, no se consideró la ampliación en capital de trabajo.

e. No se incluyó el aumento en la depreciación por la nueva inversión del quinto año.

f. Si se calcula el valor de desecho por el método económico, no puede incluirse la recuperación del capital de trabajo.

ANEXO 1

Optimizador EasyPlanEx[1]

Como ha podido apreciarse en los capítulos anteriores, generalmente se evalúan proyectos de inversión mediante una planilla electrónica complementada por alguno de los *software* para hacer el análisis de riesgo. Sin embargo, su uso conlleva limitaciones y costos ocultos cuando se busca formular y analizar apropiadamente las decisiones de inversión, pues es difícil:

- Analizar todas las opciones posibles para encontrar la mejor formulación del proyecto.
- Medir el riesgo del proyecto, cuando las variables tienen incertidumbre.
- Asegurar que las ecuaciones y condiciones ingresadas en todas las celdas de la planilla estén correctas.
- Poder reutilizar modelos desarrollados con anterioridad.
- Asegurar que la documentación que se entregue esté completa y sea consistente con el modelo desarrollado y con los supuestos y datos empleados.
- Permitir conocer en cualquier momento la historia de los cambios realizados, así como su responsable, en el proceso de formulación, evaluación y análisis de riesgo e incertidumbre.

En un proyecto de inversión, siempre existen múltiples opciones para formularlo. Por ejemplo, si en la construcción de una torre de departamentos puede haber cuatro opciones de localización, cuatro de calidad y 10 números de pisos (construir de 16 a 25 pisos), entonces habría 160 opciones para definir la configuración del proyecto. Evaluar mediante planillas este número de alternativas, para encontrar la mejor, es un trabajo difícil si se considera que, además, deberán sensibilizarse los resultados para ver el impacto del cambio en las diferentes variables de cada uno de los 160 escenarios.

Esto explica que, en la práctica, incluso en corporaciones que venden miles de millones de dólares al año, es una o son pocas personas expertas en el negocio quienes definen muchas de las variables del proyecto que se quiere evaluar. Hacerlo de esta forma implica trabajar en una situación que correspondería a la óptima solo por coincidencia, ya que no garantiza haber formulado el escenario que asegura la combinación de variables que habría generado la mayor rentabilidad. Esto se explica por la gran cantidad de variables que se interrelacionan en un proyecto y que tienen, cada una, distintas opciones que hacen posible identificar una cantidad de combinaciones que

1 Los editores y el autor agradecen al profesor Martin Boragk Klapp, autor del *software* EasyPlanEx, por su contribución para elaborar este anexo.

ni siquiera una planilla electrónica tradicional puede solucionar sin entrar en procesos de complejidad. Al no tenerse la seguridad de haber formulado y evaluado el mejor escenario, tampoco se la tiene respecto de la decisión que se recomiende o tome.

Esta herramienta permite evaluar, automáticamente, todo el abanico de posibilidades dado por todas las combinaciones existentes de las variables de decisión. Al analizar 160 posibilidades, en vez de tres o cuatro, es prácticamente seguro que se encontrará la que mejor formule al proyecto, lo que permitirá alcanzar un VAN superior al que se habría encontrado evaluando pocos escenarios.

Hoy en día, el riesgo de un proyecto, expresado como la probabilidad de que su retorno sea inferior al mínimo deseado por los inversionistas, no es medido en la gran mayoría de las empresas. Esto tiene dos importantes consecuencias. La primera es que, cuando hay varias opciones de inversión, estas se comparan con base en su rentabilidad pero no en su riesgo, con lo cual pueden preferirse proyectos más rentables pero con un riesgo mucho mayor. La segunda es que, al no conocerse el riesgo, no se tomarán anticipadamente las medidas que podrían reducirlo. Solo más adelante, cuando los resultados esperados tal vez no se estén dando, se pensará en lo que se podría haber hecho para evitar la situación experimentada, aunque, probablemente, ya será demasiado tarde.

Para manejar el riesgo, se propone medirlo de manera simple, estimando, con base en experiencias pasadas u otras fuentes, cuál será la función de distribución de probabilidades para las variables no controlables (por ejemplo, precios de materiales, costo de mano de obra especializada, nivel de demanda en cada etapa de la construcción de una torre de departamentos, etc.). Con esta información, el *software* generará la distribución de probabilidades para el VAN u otro indicador que se desee utilizar y calculará el riesgo del proyecto como la probabilidad de no alcanzar un VAN de al menos 0.

Por ejemplo, la velocidad de venta en cada etapa de la construcción (habilitación del piloto, construcción, terminación y venta posterior) se podrá definir mediante una distribución de Poisson, cuyo parámetro lambda será la velocidad de venta expresada en número promedio de departamentos vendidos por mes. Como dichas distribuciones pueden tener sesgos, el *software* sensibiliza los parámetros de las distribuciones.

Los conceptos que caracterizan la formulación y la evaluación de un proyecto están definidos explícitamente y se relacionan de una manera estructurada, lo que hace posible funcionalidades como la verificación de integridad, la generación de documentación automática, la conversión de periodos en un informe (convertir un informe mensual en trimestral), la conversión de moneda (mostrar un informe en diferentes monedas) y la creación de gráficos con un clic, entre otras.

Los principales elementos de datos que maneja EasyPlanEx son los siguientes.

- **Variables:** en esta sección, se pueden definir tres tipos de variables: constantes, independientes y dependientes. Una constante es aquella que tiene asociado un valor numérico; por ejemplo, se podría definir el precio con un valor de $12. Una variable independiente es la que tiene asociada una lista de valores, uno por cada periodo del proyecto; por ejemplo, se podría definir la variable independiente volumen con valores de 100, 120, 140, 160, 180 y 200 unidades anuales, para un proyecto con una vida útil de seis años. Una variable dependiente es la que se asocia a una lista de valores que se calcularán mediante una ecuación.
- **Flujos:** los valores de una variable independiente se proyectan mediante alguna de las siete reglas predefinidas para tal efecto a continuación.
  1. **Único:** un valor en un periodo dado.
  2. **Uniforme:** un mismo valor en más de un periodo.
  3. **Repetitivo:** un mismo valor en más de un periodo, con un intervalo entre valores.
  4. **Crecimiento constante:** un valor que se incrementa a una cierta tasa porcentual en cada periodo.
  5. **Incremento constante:** un valor que se incrementa en un monto fijo en cada periodo (gradiente).
  6. **Crédito:** un monto de crédito recibido u otorgado en un periodo dado y que se amortiza con alguna de las cinco opciones disponibles en el *software*, incluyendo la posibilidad de definir periodos de gracia para la amortización y/o el pago de intereses.
  7. **Inversión:** monto de inversión que se realiza en un periodo dado y que se deprecia con alguno de los tres métodos disponibles en el *software*.
- **Tablas:** esta sección se utiliza para registrar los parámetros asociados con los diferentes valores de las variables de decisión de un proyecto. Por ejemplo, si hay varias opciones tecnológicas para una parte de un proceso, una tabla puede contener en cada fila el monto de la inversión, el costo fijo y el costo variable de producción correspondientes a cada tecnología.
- **Informes:** muestran los valores ya proyectados mediante flujos calculados a través de ecuaciones y se pueden construir en forma rápida, usando alguno de los varios tipos predefinidos: título, comentario, subrayado, líneas de separación, línea para periodos, y variable independiente, dependiente y constante.

- **Modelos:** sección donde se definen los conjuntos de instrucciones, que se resuelven de manera secuencial, de arriba hacia abajo. Las principales instrucciones son:

  1. Una **Ecuación** calcula el valor de una variable dependiente, en función de otras variables o valores.

  2. La **Función** es una ecuación en que al primer operando se le aplica una función seleccionada dentro de una lista de 13 ya predefinidas, como: valor presente, tasa interna de retorno, valor entero, raíz cuadrada y signo, entre otras.

  3. Las **Instrucciones condicionales Si**, **Sino** y **Fin** permiten condicionar la ejecución de un grupo de ecuaciones al cumplimiento de una expresión lógica.

  4. El **Valor en tabla** es una instrucción mediante la cual se asigna a una variable el valor encontrado en una columna específica de una tabla para la fila determinada, ya sea por un índice o por un valor.

  5. El **Índice en tabla** es una instrucción que asigna a una variable dependiente el índice de la fila de la tabla que corresponda al valor del operando definido.

  6. La **Comparación** es una ecuación en que el mayor o el menor de dos operandos es asignado a la variable dependiente.

  7. El **Comentario** es una instrucción que permite incluir un texto en cualquier parte de un modelo, con el fin de aclarar cualquier aspecto de este.

- **Datos para sensibilizar:** para realizar el análisis de sensibilidad del valor inicial y/o de la tasa de crecimiento de un flujo de hasta 12 variables independientes, es necesario definir una lista o un rango de valores en la sección **Sens/Riesgo**.

- **Datos para riesgo:** para caracterizar el valor inicial y/o la tasa de crecimiento de un flujo de una variable independiente, se elige uno de los siete tipos de funciones de distribución de probabilidades disponibles en la sección **Sens/Riesgo** (uniforme, triangular, normal, lognormal, discreta, escalonada y poligonal). Es posible realizar en forma simultánea la sensibilidad y el análisis de riesgo para conjuntos de hasta 30 flujos.

La evaluación de un proyecto se puede enfocar de dos maneras, según sea su complejidad, o puede elegirse un camino intermedio que mezcle aspectos de uno y otro.

1 Enfoque tradicional

Se recomienda en proyectos de baja complejidad y consiste en tener como punto focal el informe que se desea obtener; por ejemplo, la distribución de probabilidades del VAN explicada en capítulos anteriores. A medida que se construye el informe, se definen variables, flujos de valores, ecuaciones u otros elementos que sean necesarios.

Específicamente, este enfoque se traduce en la siguiente metodología:

- Construir el informe en la sección **Contenido**, pero en forma más rápida, mediante líneas predefinidas.
  - Si la línea es para una constante, se definen la constante y sus atributos (nombre, valor, unidad, moneda, descripción, entre otros).
  - Si la línea es para una variable independiente, se definen la variable y sus atributos, y en la sección **Flujos** se define cómo proyectar sus valores.
  - Si la línea es para una variable dependiente, se definen la variable y sus atributos, y se pasa a la sección **Ecuaciones** para definir la ecuación mediante la cual se calcularán sus valores.
- Para hacer el análisis de sensibilidad, de riesgo o la combinación de ambos, se definen en la sección **Sens/Riesgo** las alternativas para el análisis de sensibilidad o las distribuciones de probabilidad de cada flujo de variables independientes.

2 Enfoque estructurado

Se usa en proyectos de mediana a alta complejidad mediante la siguiente metodología:

- Definir las diferentes variables que necesita el proyecto en la sección **Variables**.
- Proyectar los valores de las variables independientes mediante flujos que se definen en la sección **Flujos**.
- En caso necesario, definir en la sección **Tablas** aquellas requeridas para caracterizar los parámetros relacionados con las variables de decisión.
- Definir las ecuaciones para calcular las variables dependientes en la sección **Ecuaciones**.
- Definir el contenido del o los informes en la sección **Informes**. Debido a los pasos anteriores, bastará con seleccionar variables ya definidas e incluir otras líneas predefinidas, como línea para periodos, subrayado, comentario, etcétera.
- Para hacer el análisis de sensibilidad, el análisis de riesgo o la combinación de ambos, se definen en la sección **Sens/Riesgo** las alternativas para análisis de sensibilidad o las distribuciones de probabilidades para cada flujo de variables independientes.

Índice temático

D

E

F

G

H

I

L

M

N

O

P

V

W

Bibliografía

ALIBER, R., *La presupuestación de inversiones: ¿será rentable el proyecto?*, Serie Management en Finanzas, núm. 1, Santiago de Chile, El Diario/Financial Times, 2000.

ÁLVAREZ, C., *Evaluación financiera de proyectos*, Valparaíso, Ediciones Universitarias de Valparaíso, 1995.

ALZUGARAY, A., *Método Black & Scholes para la valuación de opciones aplicadas a la evaluación de proyectos de inversión*, http://www.uas.mx/departamentos/publicaciones/TEXTOS/black.htm, 1999.

ANDRADE, M., "El *outsourcing* profundiza en la empresa virtual", *El País*, Madrid, domingo 24 de enero de 2000, pág. 45.

ARZAC, E. y L. GLOSTEN, "A reconsideration of tax shield valuation", *European Financial Management*, vol. 11, núm. 4, 2005, págs. 453-461.

BACCHINI, R. y otros, *Evaluación de inversiones con opciones reales*, Buenos Aires, Omicron System, 2007.

BAUM, W., "El ciclo de los proyectos", *Finanzas y Desarrollo*, vol. 7, núm. 2, 1970.

BELTRÁN, A. y H. CUEVA, *Evaluación privada de proyectos*, Lima, Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico, 2003.

BIERMAN, H. y otros, *Análisis cuantitativo para la toma de decisiones*, Reading (Mass.), Addison-Wesley, 1994.

BIERMAN, H. y S. SCHMIDT, *The Capital Budgeting Decision: Economic Analysis of Investment Project*, Nueva York, Macmillan, 1993.

BLACK, F. y M. SCHOLES, "The pricing of corporate liabilities", *Journal of Political Economy*, vol. 81, núm. 3, 1973.

BLANK, L. y A. TARQUIN, *Ingeniería económica*, Bogotá, McGraw-Hill, 1991, pág. 224.

BOND, E., "How to prepare a cash flow statement", *Entrepreneurial Edge Online*, Cassopolis (Mich.), Edward Low Foundation, 1996.

BOOTH, L., "Capital cash flows, APV and valuation", *European Financial Management*, vol. 13, núm. 1, 2007, págs. 29-48.

BOX, G. y G. JENKINS, *Time Series Analysis: Forecasting and Control*, Oakland (Ca.), Holden-Day, 1976.

BREALEY, R. y S. MYERS, *Fundamentos de financiación empresarial*, Madrid, McGraw-Hill, 1993.

CACHANOSKY, J. C., "Value based management", http://sites.netscape.net/shikida/libertarias/1/libertaria.html, 1999.

CANADA, J. y otros, *Análisis de la inversión de capital para ingeniería y administración*, México, Prentice Hall Hispanoamericana, 1997.

CHASE, R. y N. AQUILANO, *Dirección y administración de la producción y de las operaciones*, Wilmington (Del.), Addison-Wesley, 1994, págs. 578-599.

CONTE GRAND, M., “Apuntes sobre evaluación de proyectos”, http://www.ucema.edu.ar/~mcg/, 2000.

COOPER, I. y K. NYBORG, “The value of tax shields IS equal to the present value of tax shields”, *Journal of Financial Economics*, vol. 81, núm. 1, 2006, págs. 215-225.

COPELAND, T. y otros, *Valuation: Measuring and Managing the Value of Companies*, Nueva York, John Wiley & Sons, 2000.

COPELAND, T. y V. ANTIKAROV, *Real Options: a Practitioner's Guide*, Nueva York, Texere, 2001.

COWAN, T., “Fundamentals of energy outsourcing”, http://www.consultbai.com, 1999.

DAMODARAN, A., *Damodaran on Valuation*, Nueva York, John Wiley & Sons, 2006.

DE HOLAN, M., “Los encantadores del mercado”, *Percepción Gerencial*, vol. 2, núm. 4, INCAE, 1999.

DEL SOL, P., *Evaluación de decisiones estratégicas*, Santiago de Chile, McGraw-Hill, 1999.

DIXIT, A. y R. PINDYCK, *Investment Under Uncertainty*, Princeton (NJ), Princeton University Press, 1995.

EPPEN, G. y otros, *Investigación de operaciones en la ciencia administrativa*, México, Prentice Hall Hispanoamericana, 2000.

ESTOL, C., “El análisis de costos y beneficios”, http://members.tripod.com.ar/Estol/costosbeneficios.htm, 2000.

FARBER, A. y otros, “A general formula for the WACC”, *International Journal of Business*, vol. 11, núm. 2, 2006, págs. 211-218.

FERNÁNDEZ, P., “More realistic valuation: APV and WACC with constant book leverage ratio”, *Journal of Applied Finance*, vol. 17, núm. 2, 2007, págs. 13-20.

“WACC: definition and errors”, http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1633408, University of Navarra/IESE Business School, 2010.

FERRÁ, C. y C. BOTTEON, *Evaluación privada de proyectos*, Mendoza, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Cuyo, 2007.

FONDO DE CRÉDITO INDUSTRIAL (FONCREI), *Manual para la formulación y evaluación de proyectos*, http://www.foncrei.org.ve/manuales/manind.htm, 1995.

FONTAINE, E., *Evaluación social de proyectos*, México, Pearson Educación, 2008.

GINESTAR, Á., *Pautas para identificar, formular y evaluar proyectos*, Buenos Aires, Macchi, 2004.

GUJARATI, D., *Econometría*, México, McGraw-Hill, 2007.

HAIR, J. y otros, *Investigación de mercados*, Madrid, McGraw-Hill, 2003.

HOLTON, W. y B. KEATING, *Pronóstico para negocios*, México, McGraw-Hill, 2007.

HORNGREN, C.; G. FOSTER y otros, *Contabilidad de costos: un enfoque gerencial*, México, Prentice Hall Hispanoamericana, 1990, págs. 404-408.

INSTITUTO SUPERIOR DE TÉCNICAS Y PRÁCTICAS BANCARIAS (ISTPB), *Introducción a las decisiones financieras de la empresa*, http://bancafinanzas/es/cd/muestras/DirecFinan/1-3.htm, 2000.

KLEPPER, R. y W. JONES, *Outsourcing Information, Technology Systems and Services*, Englewood Cliffs (NJ), Prentice Hall, 1997.

KOTLER, P. y G. ARMSTRONG, *Fundamentos de marketing*, México, Pearson Educación, 2008.

KPMG CONSULTING, "Economic value management (EVM)", http://www.kpmg.com.mx/web/evm/htm, 2000.

LEROY, R. y R. MEINERS, *Microeconomía*, México, McGraw-Hill, 2004.

LLEDÓ, P. y G. RIVAROLA, *Claves para el éxito de los proyectos*, Buenos Aires, ADEN, 2004.

MAKRIDAKIS, S. y S. WHEELWRIGHT, *Forecasting Methods for Management*, Singapur, John Wiley & Sons, 1989.

MALHOTRA, N., *Investigación de mercados*, Madrid, Pearson Educación, 2008.

MASCAREÑAS, J., *La beta apalancada*, Madrid, Universidad Complutense de Madrid, 2007.

MASSARI, M. y otros, "On the equivalence between the APV and the WACC approach in a growing leveraged firm", *European Financial Management*, vol. 14, núm. 1, 2007.

McEACHERN, W., *Microeconomía: una introducción contemporánea*, México, International Thomson Editores, 2003.

MILBOURN, T., *El encanto de VEA como medida de rendimiento*, Serie Management en Finanzas, núm. 5, Santiago de Chile, El Diario/Financial Times, 2000.

NEUBERGER, A., *Cómo poner precio a las acciones*, Serie Management en Finanzas, núm. 9, Santiago de Chile, El Diario/Financial Times, 2000.

NICHOLSON, W., *Microeconomía intermedia y sus aplicaciones*, México, International Thomson Editores, 2005.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS (ONU), *Manual de proyectos de desarrollo económico* (Publicación 5.58.11.G.5), México, 1958.

PARKIN, M., *Economía*, México, Pearson Educación/Addison-Wesley, 2009.

PINDYCK, R. y D. RUBINFELD, *Microeconomía*, Madrid, Pearson Educación, 2009.

ROBSON, G. y R. HALL, "How to make outsourcing work for you", http://www.cpost.mb.ca, 1998.

ROMERO, F., *La estimación de la tasa de descuento correcta en los análisis costo-beneficio para la valoración de los cambios en los ecosistemas que proveen servicios ambientales*, Guayaquil, Hansen-Holm & Co., 2007.

ROSILLO, J., *Formulación y evaluación de proyectos de inversión*, Bogotá, Cengage Learning, 2008, pág. 40.

ROSS, S. y otros, *Fundamentos de finanzas corporativas*, Madrid, Irwin, 1993.

RUBACK, R., "Capital cash flows: a simple approach to valuing risky cash flows", *Financial Management*, vol. 31, núm. 2, 2002, págs. 85-103.

SAPAG CHAIN, N., "Coherencia y consistencia en la evaluación de proyectos: impacto del valor de desecho sobre otras variables", *Contabilidad y Negocios*, año 2, núm. 3, Pontificia Universidad Católica del Perú, 2007.

Criterios de evaluación de proyectos, Madrid, McGraw-Hill, 1993.

Desliando proyectos, Santiago de Chile, Ediciones Universidad San Sebastián, 2009.

"Efectos tributarios relevantes en la evaluación de proyectos", *Revista ADEN Business School*, núm. 8, 2006, págs. 14-16.

"La decisión de abandono en el estudio de proyectos de inversión", *Cuadernos de Ciencias Económicas y Empresariales*, núm. 19, Universidad de Málaga, 1988, págs. 29-36.

SAPAG CHAIN, N. y R. SAPAG CHAIN, *Preparación y evaluación de proyectos*, Bogotá, McGraw-Hill, 2007.

SENJU, S. y Y. TOYODA, "An approach to lineal programming with 0-1 variables", *Management Science*, vol. 15, núm. 4, 1968, págs. 196-207.

SUMANTH, D., *Ingeniería y administración de la productividad*, México, McGraw-Hill, 1990.

STANTON, W., *Fundamentos de marketing*, México, McGraw-Hill, 2007.

SZYCHOWSKI, M., "La demanda del bien", http://www.aaep.org.ar, 1997.

TARSH, S., "Managing the outsourcing relationship", http://www.outsourcing.com, P. A. Consulting Group, 1999.

TAYLOR, B., *Introduction to Management Science*, Englewood Cliffs (NJ), Pearson Education, 2004.

TISSOT, M., "Evaluación de proyectos", http://members.tripod.com, Universidad Santiago de Cali, 1999.

VARELA, R., *Evaluación económica de inversiones*, Bogotá, Norma, 1989.

VÉLEZ-PAREJA, I., "Costo de capital para firmas no transadas en bolsa", http://papers.ssrm.com, 2003.

Decisiones de inversión: una aproximación al análisis de alternativas, Bogotá, Centro Editorial Javeriano, 1998.

VÉLEZ-PAREJA, I. y J. THAM, "Una nota sobre el cálculo del valor con endeudamiento constante", http://papers.ssrm.com, 2005.

WESTON, J. y T. COPELAND, *Finanzas en administración*, México, McGraw-Hill, 1995.

WOOLDRIDGE, J., *Introducción a la econometría*, Madrid, International Thomson Editores, 2006.



PROYECTOS DE INVERSIÓN
Formulación y Evaluación

SEGUNDA EDICIÓN

NASSIR SAPAG CHAIN

Esta segunda edición del libro *Proyectos de inversión: formulación y evaluación* de NASSIR SAPAG CHAIN, incorpora nuevos contenidos respecto a la edición anterior publicada por esta misma casa editorial.

Su autor, basado en las opiniones de un grupo selecto de profesores y alumnos de pre y posgrado de casi todos los países hispanoamericanos, excluye cualquier exceso en el desarrollo teórico y agrega una completa explicación de cómo aprovechar los facilitadores que muchos programas ofrecen.

La estructura clásica que divide el estudio de proyectos entre preparación y evaluación o entre formulación y evaluación se modificó, redefiniendo el proceso de estudio de proyectos en tres etapas: la **formulación** la **preparación** y la **evaluación**.

Dentro de las novedades destacan dos nuevos capítulos: uno que incluye una completa descripción de cómo realizar una investigación de mercados, y otro que explica en detalle cómo usar las técnicas cuantitativas de pronóstico de Excel. Se complementan ambos capítulos con la incorporación de modelos de valoración de variables cualitativas.

A través de sus páginas, este libro explica cómo construir los flujos de caja del negocio, del inversionista y de la capacidad de pago de deudas; los de creación de una nueva empresa y los de mejor en empresas en marcha.

El capítulo de costo de capital se ha reformulado aquí para simplificar su estudio y su comprensión y cálculo. En tanto, el capítulo de riesgos se actualizó con una completa guía para usar el Risk Simulator 2010c.

El estudio de las matemáticas financieras se presenta de una manera "amigable" para hacerlo accesible a cualquier persona que no sea del área.

En lo que se refiere a ejemplos, se agregó una gran cantidad para facilitar la comprensión de cada concepto y modelo, y se ampliaron de 5 a 16 los casos resueltos, incluyendo uno que integra todas las materias.

Luego de explicar los conceptos y la manera de aplicar las técnicas, el autor trata de formar un criterio de selección de la herramienta correcta para vencer las dificultades que se producen al estudiar un proyecto. Esta obra pretende colaborar a que el lector no solo "sepa más", sino que "sepa hacer más".

Prentice Hall
es una marca de



Visítanos en:
www.pearsoneducacion.net

I.S.B.N.: 978-956-34-3106-3

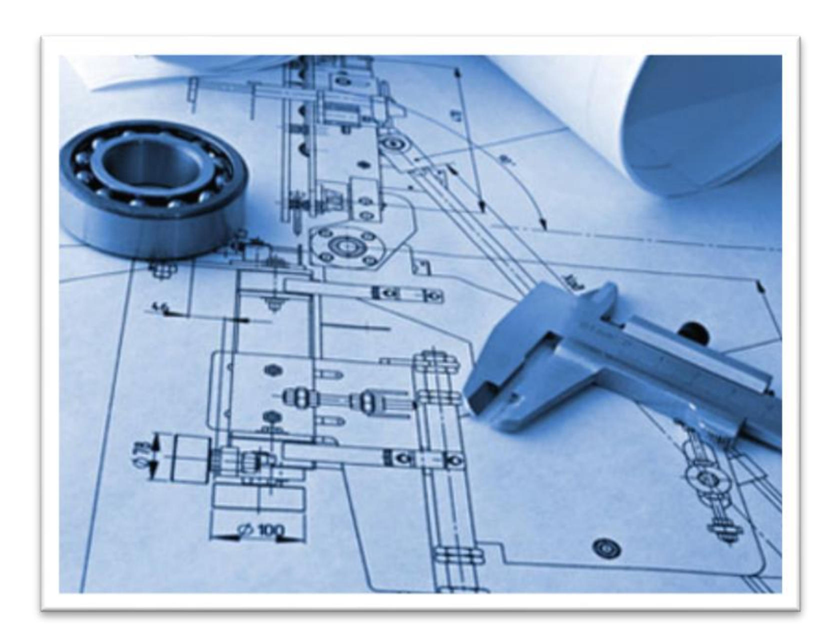
9 789563 431063

La Alcoba del Buen Estudiante













Buen_Estudiante@hotmail.com